

PEDRO ELIAS DE OLIVEIRA

# INUNDAÇÕES NA CIDADE DE LISBOA

## ESTUDO DE HIDROGEOGRAFIA URBANA



LINHA DE INVESTIGAÇÃO EM DINÂMICA LITORAL E FLUVIAL

CENTRO DE ESTUDOS GEOGRÁFICOS  
LISBOA, 2003



## **Ficha técnica**

Título: INUNDAÇÕES NA CIDADE DE LISBOA. ESTUDO DE HIDROGEOGRAFIA URBANA

Autor: Pedro Elias Oliveira

Edição: Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa

Data: Julho de 2003

ISBN: 972-636-139-7

**PEDRO ELIAS DE OLIVEIRA**

# **INUNDAÇÕES NA CIDADE DE LISBOA**

**ESTUDO DE HIDROGEOGRAFIA URBANA**

Linha de Investigação em Dinâmica Litoral e Fluvial (DILIF-2).

Centro de Estudos Geográficos  
Lisboa, 2003



## ABSTRACT

**Abstract** – INUNDATIONS IN LISBON DURING THE 20TH CENTURY AND THEIR URBAN AND PHYSICAL CAUSES. Lisbon often suffers inundations, which must be classified as urban inundations, because the flooded areas involved are impermeable due to urban development. These inundations are not related to the overflow of watercourses, but can be classified as flash inundations because of the speed with which they form and spread. The present study covers a time period from 1918/19 to 1997/98, during which 420 occurrences were recorded in two leading daily newspapers, “O Século” and “Diário de Notícias”. The research based on these newspapers takes into account daily rainfalls above 10 l/m<sup>2</sup> recorded by the Instituto Geofísico Infante D. Luís, as well as daily rainfall below this level but that have also caused inundations. The analysis of the frequency and evolution of these inundations has showed that they occur more often during the autumn (specially in November) and that from the seventies onwards, they have decreased considerably, while at the same time the total rainfall volume has increased, as well as the maximum hourly rainfall that bring them about. Fieldwork was very important in the definition of flooded sites. Research was carried out to specify the physical factors (relief and drainage basins) and urban network (squares and streets). The relationship between these urban factors and the old drainage network was also taken into account in order to distinguish increasing inundation factors. Apart from the description of the physical characteristics of these sites, they were also typified through factor analysis. A hazard factor was attributed to each site based on inundation frequency. The most endangered areas and sites are located mainly in the “Frente Ribeirinha” (along the river bank) built upon the terminal sectors of the natural watercourses, which consists of the receptor streets and receptor squares of the flow. These streets and squares lie perpendicular to the ancient watercourses, and in places where artificial barriers and micro depressions exist. The latter result from the artificial surface of the riverside embankment. Other critical sites exist throughout the town mainly because of obstruction problems or deficient drainage systems, often aggravated, by newly built up impermeabilised areas.

**Key words:** Lisbon, natural hazard, urban inundations, physical and urban factors



# ÍNDICE GERAL

	<b>Pág.</b>
<b>CAPÍTULO I – AS INUNDAÇÕES URBANAS: ASPECTOS TEÓRICOS</b>	<b>11</b>
1. ANÁLISE BIBLIOGRÁFICA SOBRE CHEIAS E INUNDAÇÕES URBANAS	13
1.1. ESTRUTURA E OBJECTIVOS DOS TRABALHOS	13
1.2. PARÂMETROS E FINALIDADES	15
2. AS INUNDAÇÕES EM PORTUGAL	19
2.1. CAUSAS DAS INUNDAÇÕES	19
2.2. AS INUNDAÇÕES URBANAS EM PORTUGAL	21
2.3. AS INUNDAÇÕES NA REGIÃO DE LISBOA	24
2.4. AS INUNDAÇÕES NA CIDADE DE LISBOA	26
<b>CAPÍTULO II – INUNDAÇÕES OCORRIDAS NO ÚLTIMO SÉCULO NA CIDADE DE LISBOA</b>	<b>33</b>
1. METODOLOGIA ADOPTADA	35
2. VARIAÇÃO TEMPORAL DAS INUNDAÇÕES ENTRE 1918/19 E 1997/98	40
2.1. VARIAÇÃO INTERANUAL	40
2.2. VARIAÇÃO INTERMENSAL	44
2.3. VARIAÇÃO QUINZENAL	49
3. CARACTERIZAÇÃO DAS CHUVADAS DESENCADEANTES DAS INUNDAÇÕES	51
3.1. PARÂMETROS PLUVIOMÉTRICOS ESTUDADOS	52
3.2. VARIAÇÃO INTERANUAL	54
3.3. VARIAÇÃO INTERANUAL E QUINZENAL	62
4. SÍNTESE CONCLUSIVA	68

	<b>Pág.</b>
<b>CAPÍTULO III – AS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E A MALHA URBANA COMO FACTORES AGRAVANTES DAS INUNDAÇÕES NA CIDADE</b>	71
1. METODOLOGIA ADOPTADA	73
2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA CIDADE	74
2.1. UNIDADES DE RELEVO	75
2.2. BACIAS DE DRENAGEM	81
3. MALHA URBANA	94
3.1. POSIÇÃO DOS DIFERENTES EIXOS E NÓS FACE AO ESCOAMENTO SUPERFICIAL	95
3.2. ARTIFICIALIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE TOPOGRÁFICA	98
4. SÍNTESE CONCLUSIVA	102
<b>CAPÍTULO IV – ZONAMENTO DAS ÁREAS AFECTADAS PELAS INUNDAÇÕES</b>	105
1. PROBLEMAS METODOLÓGICOS	107
2. DEFINIÇÃO DOS LOCAIS INUNDADOS	110
2.1. LOCAIS MAIS AFECTADOS PELAS INUNDAÇÕES	110
2.2. CARACTERIZAÇÃO DOS LOCAIS INUNDADOS	119
2.3. TIPOLOGIA DOS LOCAIS AFECTADOS PELAS INUNDAÇÕES	134
3. PERIGOSIDADE DAS ÁREAS INUNDÁVEIS	146
3.1. DELIMITAÇÃO DAS ÁREAS COM DIFERENTES GRAUS DE PERIGOSIDADE	146
3.2. A MELHORIA DO SISTEMA DE DRENAGEM DAS ÁGUAS RESIDUAIS/PLUVIAIS: O EXEMPLO DAS INUNDAÇÕES DOS OUTONOS DE 1945 E 1997	152
4. SÍNTESE CONCLUSIVA	163
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	165
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	169
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	175
<b>ÍNDICE DE QUADROS</b>	179
<b>ÍNDICE DE FOTOS</b>	181

## **Nota prévia**

Este relatório foi elaborado a partir da dissertação de mestrado de Pedro Elias de Oliveira, intitulada “Inundações na Cidade de Lisboa – Estudo de Geografia Física”, realizada no âmbito do Mestrado de Geografia Física e Ambiente, Departamento de Geografia, Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa, sob a orientação da Prof<sup>a</sup>. Catarina Ramos.

## **AGRADECIMENTOS**

O presente trabalho não teria chegado a bom termo sem os diversos apoios, ajudas e atenções que recebi ao longo de praticamente três anos. Aqui fica um muito obrigado a todos os que, de uma forma ou de outra, me auxiliaram na sua elaboração.

Agradeço, em primeiro lugar, à Prof<sup>a</sup>. Catarina Ramos, minha orientadora científica, também ela entusiasta do tema tratado, o facto de ter sugerido esta temática no decorrer do Mestrado de Geografia Física e Ambiente; a disponibilidade e o empenho dedicados, desde o início, a esta tarefa e o privilégio da sua camaradagem.

Aos restantes professores do Mestrado agradeço todos os apoios que recebi e a amizade com que me receberam na Faculdade passada mais de uma década da conclusão da minha licenciatura.

À Prof<sup>a</sup>. Ana Ramos Pereira, o apoio financeiro concedido no âmbito da Linha de Investigação em Dinâmica Litoral e Fluvial (DILIF), do Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa, para a vectorização das curvas de nível da Carta do Concelho de Lisboa e para a publicação deste relatório.

Quero agradecer a todos os colegas do mestrado a boa disposição e alegria que sempre pautou a fase curricular do nosso curso, em especial ao Ricardo Garcia, pelos “apoios técnicos e informáticos” recebidos, de grande utilidade no trabalho.

Do Instituto Superior Técnico, à Eng. Júlia Carvalho, a disponibilidade e colaboração recebidas nas questões técnicas de Análise Factorial e de Sistemas de Informação Geográfica. Ao

Prof. Garcia Pereira, o apoio, as sugestões e as correcções que efectuou nas partes em foi utilizada a Análise Factorial. Ao Eng. Paulo Maio, as ajudas recebidas na utilização dos *softwares* ArcView e ER Mapper.

Ao Prof. Lúcio Cunha, da Universidade de Coimbra, o envio de úteis artigos da Revista *Territorium*.

Ao Dr. Mário Neves, da Universidade de Lisboa, a ajuda recebida relativa às fotografias digitais efectuadas nas saídas de campo.

Do Departamento de Protecção Civil da Câmara Municipal de Lisboa, à Dra. Maria João Telhado, a disponibilidade que teve em me receber na fase preliminar desta dissertação, onde me apresentou alguns resultados da sua dissertação de mestrado sobre a mesma temática.

Da Mapoteca do Centro de Estudos Geográficos, ao Sr. João Ribeiro pelas tardes dedicadas à imagem (scanarização e tratamento de fotos e mapas), e à Sra. D. Elisa Lopes a disponibilidade, a simpatia e a boa disposição que lhe são características.

Aos que me dedicaram especial atenção e que trabalham nas seguintes instituições:

Biblioteca Nacional (Departamento de Periódicos)

Câmara Municipal de Lisboa (Emeroteca e Biblioteca Municipal)

Centro de Estudos Geográficos (Biblioteca)

Instituto Geofísico Infante D. Luís (Biblioteca e departamento de Climatologia)

Instituto de Meteorologia (Biblioteca)

Laboratório Nacional de Engenharia Civil (Biblioteca)

Às amigas e colegas, Maria Amélia Campos, da Escola Secundária Fernão Mendes Pinto em Almada, Ana Lavrador da Silva, da Escola Secundária Gil Vicente em Lisboa, e Ana Valente da Escola Preparatória Conde de Oeiras em Oeiras, e ainda, aos amigos António Themudo Baptista e Saul Roque Gameiro, agradeço as ajudas recebidas na revisão do texto e na tradução do resumo para Inglês.

Às minhas mãe e irmã agradeço todo apoio e compreensão tidos ao longo da consecução do trabalho.

É DOMINGO. PARA ALÉM DOS BARRACÕES DO CAIS COMEÇA A CIDADE (LISBOA) SOMBRIA, RECOLHIDA EM FRONTARIAS E MUROS, POR ENQUANTO AINDA DEFENDIDA DA CHUVA, ACASO MOVENDO UMA CORTINA TRISTE E BORDADA, OLHANDO PARA FORA COM OLHOS VAGOS, OUVINDO GORGOLHAR A ÁGUA NOS TELHADOS, ALGEROZ ABAIXO ATÉ AO BASALTO DAS VALETAS, AO CALCÁRIO NÍTIDO DOS PASSEIOS, ÀS SARJETAS PLETÓRICAS, LEVANTADAS ALGUMAS, SE HOUVE INUNDAÇÃO.

**José Saramago, *in* “O ano da morte de Ricardo Reis”**

## **INTRODUÇÃO**

A Geografia Física tem dedicado, nas últimas décadas, grande parte dos seus trabalhos ao estudo das Catástrofes Naturais. As cheias e inundações são das catástrofes que afectam um maior número de pessoas em todo o mundo e que mais prejuízos provocam. Cheias e inundações são objecto de estudo da nossa disciplina, não só numa perspectiva descritiva e interpretativa, para um melhor conhecimento das causas que as originam, dos factores que as agravam e das respectivas consequências no meio afectado (danos e vítimas), mas também, numa perspectiva de aplicação, que consiste em prever e mitigar este tipo de catástrofe natural.

O presente trabalho tem como objectivo um tipo de inundações pouco estudada em Portugal, que nada tem a ver com as cheias dos rios. As inundações que ocorrem na cidade de Lisboa têm origem em chuvas de forte intensidade num meio urbano, afectado por uma forte impermeabilização ou pelo entulhamento ou canalização subterrânea dos cursos de água anteriormente existentes. Outra das características deste tipo de inundações é a rapidez com que se forma, dezenas de minutos ou poucas horas, devido à infiltração praticamente inexistente e à morfologia da cidade que ajuda o encaminhamento das águas das partes mais altas para as áreas de menor altitude. Nestas últimas, mais propriamente na Frente Ribeirinha

e nos sectores terminais dos fundos de vale, os factores marinhos também podem interferir, se o nível da maré estiver elevado, não permitindo o livre escoamento das águas pluviais.

Este trabalho tem como objectivos: definir a frequência e evolução das inundações na cidade de Lisboa ao longo do último século; caracterizar, sumariamente, as chuvadas que lhes dão origem; detectar os factores agravantes das inundações, físicos e antrópicos, pertencentes à cidade, bem como a sua relação com os locais inundados.

Este trabalho encontra-se organizado em quatro capítulos. No Capítulo I faz-se o enquadramento teórico das inundações urbanas com base na análise bibliográfica desta temática. Apresentam-se e discutem-se os parâmetros mais utilizados e as conclusões de alguns trabalhos efectuados em Portugal na Área Metropolitana de Lisboa e, mais especificamente, na própria cidade de Lisboa.

No Capítulo II analisa-se a evolução temporal das inundações entre 1918/19 e 1997/98, bem como o factor desencadeante das inundações – a precipitação – através de vários parâmetros pluviométricos. A análise das inundações inicia-se em 1918, visto que a grande maioria das áreas inundadas já estavam urbanizadas nesta época. Acaba em 1998 porque esta pesquisa se iniciou nesse ano. Ela abrange assim, 80 anos, período suficientemente extenso para permitir o estudo da evolução do fenómeno.

A análise das precipitações foi efectuada entre 1930/31 e 1997/98, visto ser a partir de 1930 que, nos Anais do Instituto Geofísico D. Luís (IGDL), começam a ser publicados dados horários das chuvadas, elemento imprescindível dos vários parâmetros utilizados.

No Capítulo III estudam-se os factores agravantes das inundações, pertencentes à morfologia da cidade. Na caracterização física, definem-se as unidades de relevo da cidade, bem como as antigas bacias de drenagem e respectivos parâmetros morfométricos. No que concerne à ocupação do solo, deu-se especial relevo à malha urbana, para a qual foi definida uma tipologia de eixos e nós, relativamente ao escoamento superficial da cidade.

No Capítulo IV analisa-se a distribuição dos locais inundados, entre 1918/19 e 1997/98, bem como a frequência de ocorrência das respectivas inundações.

Através da aplicação da técnica “Análise das Correspondência Binárias”, obtém-se a tipologia dos locais inundados relativamente às características agravantes das inundações, e agrupam-se os locais inundados em áreas, as quais são classificadas segundo o respectivo grau de perigosidade.

Finalmente, é de salientar que, para a prossecução desta dissertação, foi elaborado um catálogo das inundações ocorridas em Lisboa, abrangendo os 80 anos estudados, com os parâmetros e principais aspectos relativos a cada ocorrência, que se encontram organizados por década, em documentos do Word97. Em folhas Excel encontram-se, ainda, todos os dados relativos a: intensidade de precipitação para várias durações - IGIDL (1860 -2001); precipitação diária - IGIDL (1918 -1998); precipitação mensal – IGIDL (1918-1998); precipitação anual (anos climatológico e civil) – IGIDL (1918 -1998); parâmetros pluviométricos das inundações (1930/31 -1997/98); parâmetros sinópticos das inundações – IGIDL e INM (1948 -1998); e inundações – parâmetros temporais - ano, mês e quinzena – (1918/1919 – 1997/98).

No tratamento estatístico descritivo (análise univariada e bivariada) utilizaram-se os programas: Excel 97, Andad (versão 7b, 2000) e Statistica 5.1. Na análise factorial, quer na Análise das Correspondências Binárias (ACB), quer na Análise das Correspondências Múltiplas (ACM), utilizou-se o Andad (versão 7b).

Toda a informação espacial, locais inundados, características físicas da cidade e da malha urbana, encontram-se cartografados em vários temas cartográficos (*layers*) num projecto do programa ArcView GIS 3.2 (ESRI, 1992 -1999). A cada tema corresponde uma tabela de atributos que possui toda a informação alfanumérica relativa ao que está cartografado. Muita da informação cartografada (temas), ou o foi directamente, ou foi primeiro colocada em folhas do Excel - tipo DBF4 (dBaseIV), para posteriormente ser adicionada às tabelas de atributos dos vários temas, a fim de se proceder à respectiva cartografia. O projecto em ArcView ficou assim constituído por dezenas de janelas cartográficas (conjuntos de vários temas) das quais se destacam as seguintes: bacias de drenagem, morfologia da cidade, áreas inundadas em cada ocorrência entre 1918 e 1957, e áreas inundadas entre 1958 e 1997.



## **CAPÍTULO I**

### **AS INUNDAÇÕES URBANAS: ASPECTOS TEÓRICOS**



## **1. ANÁLISE BIBLIOGRÁFICA SOBRE CHEIAS E INUNDAÇÕES URBANAS**

### **1.1. Estrutura e objectivos dos trabalhos**

Nos trabalhos sobre cheias e inundações é frequente serem elaboradas listas de acontecimentos, a partir de fontes de informação heterogéneas, que além de incluir a data, revelam alguns aspectos qualitativos (local e consequências da inundação) e quantitativos, relacionados com os parâmetros físicos da inundação (precipitações, número de inundações, alturas da água atingidas na inundação). Os períodos analisados são muito variáveis, podendo cingir-se a uma inundação em determinado dia, ou a uma série de episódios sucessivos num período curto de tempo, ou alargar-se a períodos de tempo maiores, desde um pequeno conjunto de anos até às décadas ou centenas de anos. Alguns trabalhos referem-se a inundações históricas, ou seja, a ocorrências verificadas antes das medições instrumentais, quer de parâmetros hidrológicos quer de climatológicos. As inundações são catalogadas e enumeradas as respectivas características, de forma mais ou menos exaustiva, sendo seleccionado, na maioria das vezes, um aspecto que é abordado com mais detalhe.

Nas estrutura deste trabalhos, surge quase sempre o estudo climatológico referente à situação sinóptica, em superfície e em altitude, e às características, pluviométricas (Capel Molina, 1989 e Marzól Jaén, 1989), seguido de uma descrição dos aspectos físicos das bacias de drenagem, nomeadamente, a geometria das bacias, a litologia, os declives e a rede de drenagem (Lopez Bermudez e Romero Díaz, 1989), o coberto vegetal e o tipo de ocupação humana (Amaral, 1968). Segue-se uma parte referente à inundação propriamente dita, em que se descrevem os parâmetros físicos da inundação e as respectivas consequências como os danos e existência de vítimas

mortais (Sánchez-Rubio *et al*, 1989). É normal nestes trabalhos serem enumeradas as inundações mais famosas de uma região e os respectivos recordes de intensidade horária, ou até de outra região ou regiões, a fim de se poderem estabelecer comparações (Rebelo, 1997).

Relativamente aos objectivos e finalidades, os trabalhos sobre inundações podem-se dividir em três grandes grupos: os que abordam o tema de uma forma mais descritiva, referindo as causas e as consequências das ocorrências; os que têm como objectivo o conhecimento de frequências e probabilidades de ocorrência destes fenómenos extremos; e aqueles que se destinam à elaboração de uma cartografia de risco e à tomada de medidas de prevenção relativamente ao risco de inundação nas áreas afectadas.

A Geografia tem contribuído na abordagem deste tema tal como salienta Calvo (1984) num artigo sobre a Geografia dos Riscos, ao discutir a classificação dos riscos naturais, com especial destaque para o risco de inundação. Rebelo (1999) discute as noções mais importantes da teoria do risco, onde inclui, entre outros, o risco de inundação, em que salienta a perspectiva geográfica através do conceito de bacia de riscos, exemplificando com casos portugueses, nomeadamente, Porto, Lisboa, Coimbra e Funchal.

Nalguns destes trabalhos, sobre o risco inundação e a percepção deste por parte das populações, são utilizados SIG, em que se cruzam os aspectos referentes às características biofísicas das bacias hidrográficas com os de ordem sócio-económica e de percepção do risco, com vista à elaboração de medidas de mitigação do fenómeno: Saraiva e Ramos (1992), para a área Metropolitana de Lisboa e Saraiva *et al* (1993) no caso de Setúbal, entre outros.

Nos Estados Unidos, há já várias décadas que as áreas de maior risco de inundação, principalmente as que se encontram em planícies aluviais, dispõem de planos e níveis de alerta, com o objectivo de diminuir o número de vítimas em caso de acontecimento (Floodplain Management Association, 2002). Os trabalhos que recorrem à modelização (American Meteorological Society, 2002), quer em ambientes urbanos quer em não urbanos, atravessados por cursos de água bem definidos, são frequentes na Internet, estando elaborada uma cartografia para todo território norte-americano, com uma aplicação bastante útil na prevenção, mitigação e elaboração de seguros (Environmental Systems Research Institute and Federal Emergency Management Agency, 1999).

Muitos autores, entre os quais Beard (1975), Carles Genovés (1989) e Calvo (1989), referem limitações existentes neste tipo de trabalho. A maioria dos episódios de chuvas extraordinárias que provocaram efeitos devastadores são de difícil comparação, tanto do ponto de vista estatístico do fenómeno, como do das perdas originadas, o que dificulta a obtenção de leis gerais de análise. Por outro lado, existem dois tipos de limitações instrumentais: o número limitado de estações meteorológicas com udógrafos que registem os valores das precipitações durante as ocorrências e a escassez ou inexistência de medições hidrométricas em ambientes peri-urbanos, suburbanos e urbanos. Como a causa fundamental, embora não exclusiva, das cheias e inundações é climática, dificilmente se pode fazer uma estimativa da água caída e muito menos da escorrência quando não se dispõe de uma rede suficiente de observatórios meteorológicos (Calvo, 1989).

Outro aspecto prende-se com a dimensão dos cursos de água estudados. A maioria dos autores estão de acordo em que os grandes cursos de água têm sido mais estudados do que os pequenos e médios, que normalmente são os que são mais afectados pelas cheias rápidas (Mateu Bellés, 1989 e Velhas, 1997).

## 1.2. Parâmetros e finalidades

Os documentos que nos chegam até hoje sobre catástrofes originadas por inundações devem ser cuidadosamente analisados, pois têm muitas vezes erros que podem ir até à própria datagem dos acontecimentos. No entanto, fornecem elementos importantes, pois é com base no conhecimento das inundações que é possível adoptar medidas preventivas. Os parâmetros mais importantes, usualmente considerados para a avaliação de uma inundação, são vários. Um deles é a **data do acontecimento**, que leva à elaboração da lista de inundações e datas de ocorrência. A **frequência** é o aspecto físico das inundações que mais directamente se relaciona com a percepção do risco e, conseqüentemente, com a vontade de prevenção e defesa. A data e a frequência de ocorrência permitem definir os períodos ou épocas mais afectados pelas inundações.

Outro parâmetro muito referido é a altura de água atingida em determinados pontos das cidades (Marzol Jaén, 1989) e Rebelo e Ganho, 1998).

A magnitude, que se mede em m<sup>3</sup>/s ou alturas hidrométricas (em m) a partir de uma certa referência, é importante para avaliar a potência das cheias e para o cálculo do período de retorno (recorrência). Na avaliação dos danos produzidos por cheias de diferente magnitude deve ter-se em conta a ocupação do solo à altura do acontecimento, dado que cheias de magnitude semelhante podem causar danos diversos consoante o tipo de ocupação do solo.

Num trabalho sobre inundações - rápidas, Beard (1975) aplica a análise factorial discriminante, desenvolvendo o conceito de “potencial de cheia - rápida” para classificar milhares de lugares nos Estados Unidos. Este conceito é baseado no “índice magnitude” e no “índice tempo de alerta”. O índice de magnitude refere-se ao limiar entre as magnitudes dos acontecimentos raros e dos acontecimentos banais, a partir da análise das frequências dos caudais máximos anuais, e generaliza-o de modo a serem utilizados em todo o território estadunidense. O índice do tempo de alerta, varia na razão inversa do tempo médio de alerta disponível durante uma cheia. Posteriormente, estes índices são relacionados com as características físicas das bacias hidrográficas e com parâmetros climatológicos. Os resultados permitiram: o escalonamento das áreas, baseado nos índices propostos, o qual ajudou a seleccionar as que devem ser objecto de estudos mais detalhados; a identificação dos parâmetros morfométricos das bacias mais favoráveis a cheias - rápidas entre os quais a rugosidade e a magnitude da rede de drenagem; mostrar que a análise multivariada pode ser utilizada na identificação de áreas com propriedades hidrológicas semelhantes. O trabalho é complementado com dois anexos, o primeiro revela como foram escolhidos os parâmetros físicos analisados, e o segundo mostra como aplicar a análise multivariada linear discriminante e o cluster hierárquico na identificação de áreas com propriedades hidrológicas idênticas.

A **velocidade de propagação** é outro dos critérios que permitem definir as cheias. Para as pequenas e médias bacias de drenagem destacam-se as cheias rápidas (*flash floods*). Segundo Costa (1986), a cheia rápida, que se forma em poucas horas nos cursos de água relativamente pequenos, com rápida elevação do nível das águas, pode atingir indiscriminadamente qualquer bacia do país e ataca de forma fulminante e sem aviso prévio. A formação súbita de grande caudais pode registar-se em pequenas linhas de água onde nem sequer há normalmente caudal permanente. A rapidez da subida das águas, apanhando a população desprevenida, as alturas atingidas que, podem chegar a alguns metros, e as velocidades que chegam a ultrapassar 6 m/s, o suficiente para arrastar pessoas e automóveis, imprime às cheias rápidas

características de grande perigosidade. Nestes casos, os valores da intensidade e da duração da precipitação podem ser mais importantes do que o valor da precipitação total da chuvada, facto que se deve à rápida resposta da bacia de drenagem. Para Rebelo (1997) a velocidade de propagação da cheia é aumentada pelo facto de haver poucas perdas por infiltração.

A **duração** é outro parâmetro considerado importante na avaliação das inundações. É fácil de detectar nos documentos, embora seja também importante saber quanto tempo levaram os grupos humanos a refazer o seu sistema de produção danificado (Calvo, 1989).

Sendo a **precipitação** o **principal factor desencadeante das inundações**, são também analisados os parâmetros que a caracterizam.

A intensidade horária das precipitações é o parâmetro que melhor reflecte o carácter torrencial das chuvadas. Na origem das inundações rápidas estão chuvas extraordinariamente copiosas e concentradas no tempo, ou seja, a perigosidade destes aguaceiros depende da sua intensidade. Normalmente é estabelecido um limiar inferior a partir do qual se considera, para determinada região, a precipitação intensa. As referências surgem, quase sempre, apenas com o valor da precipitação e o tempo de duração, que pode ir do dia a horas ou, inclusivé, a minutos. Costa (1986) sublinha a necessidade de chover durante dias para a produção de cheias nos grandes rios, horas nos cursos de água menores e dezenas de minutos em bacias urbanas.

Em grande parte dos trabalhos é referida a duração da chuvada, como parâmetro importante na análise da mesma, por revelar o respectivo tempo de duração (Martín Vide, 1989; *University of Reading*, 2002 ; Matos, 1987; e LNEC, 1986).

A variação da intensidade horária ao longo da chuvada é outro parâmetro salientado por alguns autores. Para Costa (1986) são muito importantes as variações de precipitação antecedentes à formação do caudal máximo de cheia que fazem com que chuvadas iguais possam originar caudais de cheia diferentes, dependendo das condições hídricas em que se encontram os terrenos. O autor compara ainda as inundações de 1967 e de 1983, referindo que as primeiras terão sido mais gravosas por se terem atingido caudais instantâneos superiores, visto as precipitações mais intensas terem ocorrido na última das sete horas sucessivas de chuvadas intensas. Pelo contrário, em 1983, foi nas primeiras horas que se atingiram as maiores intensidades de precipitação.

Matos (1987) estudou a variação da quantidade total da precipitação contida nos períodos de intensidade máxima para várias durações e analisou ainda os valores da quantidade de precipitação antes, durante e após o período mais intenso, onde especificou a Precipitação de Projecto a ser utilizada em Portugal.

Segundo Martín Vide (1989), além da intensidade horária, existem outros parâmetros que ajudam a conhecer melhor as precipitações que originam as cheias: a irregularidade da precipitação diária, a persistência de dias com precipitação, a duração e distribuição horária e anual das precipitações mais intensas, e o aparecimento ao longo do ano dos grandes aguaceiros.

A frequência dá-nos uma ideia do comportamento do fenómeno no tempo. Para um determinado período de tempo em estudo são, normalmente, elaborados “calendários”, onde se revelam as frequências mensais ou estacionais de determinado valor de precipitação ou intensidade, para várias durações. As situações que dão origem a estes fenómenos ocorrem de forma isolada no tempo, e com valores de intensidades muito variáveis, daí que, quando se fala de frequência de ocorrência e recorrência, estas referências sejam meramente indicativas. Assim, da mesma forma que se analisa o ritmo anual das precipitações, são destacados períodos em que os temporais muito dinâmicos se repetiram um maior número de vezes e alcançaram valores de intensidade mais altos (Juárez Sánchez-Rubio *et al*, 1989). Em grande parte dos trabalhos são revelados aspectos relacionados com a sazonalidade (mês ou estação do ano) dos grandes aguaceiros. Por exemplo, num trabalho elaborado para o Levante Espanhol, Lopéz Gómez (1989) refere que a frequência máxima das grandes chuvadas ocorre no Outono e, nos últimos decénios, especialmente no mês de Outubro. Marzol Jaén, 1989 refere o mesmo para as Ilhas Canárias, mas indica Novembro, como mês mais afectado.

A irregularidade é outras das características destas chuvadas de elevada intensidade devido ao seu carácter totalmente aleatório. Portanto, é assim difícil falar de recorrência, pois não se repetem com uma clara tendência, nem têm relação alguma com hipotéticas séries de anos secos e chuvosos, embora contribuam para os totais anuais de precipitação, distorcendo o sentido dos mesmos. Na tentativa de estudar a irregularidade das precipitações diárias, alguns autores analisaram a frequência de dias com precipitações superiores a determinado limiar: 50 mm (Marzol Jaén, 1989) e 40 mm Rebelo e Ganho (1998). Capel Molina (1989) utiliza ainda a “percentagem da precipitação do dia em que ocorreu o episódio de cheia, relativamente ao total anual”.

Em alguns trabalhos discute-se mesmo, a validade dos grandes períodos de retorno, ou seja, dos métodos estatísticos no cálculo dos períodos de retorno, nomeadamente para as situações de grande magnitude.

Para Costa (1986), estes fenómenos meteorológicos são extremamente irregulares e só estatisticamente se podem estabelecer sobre eles algumas leis. Dá dois exemplos: num curto período de onze anos (1943/1951) registaram-se, no Mississipi, quatro inundações com um período de retorno de 100 anos; e, num período de 16 anos, ocorreram na Região da Grande Lisboa inundações (1967 e 1983) correspondentes a precipitações com uma recorrência de várias centenas de anos.

Para se avaliar o grau de excepção de determinada chuvada há que relacionar esta com as chuvas que costumam ocorrer numa região. Para Costa (1989) é o valor relativo da precipitação e já não o valor absoluto da mesma que é determinante. Este autor chama a atenção que fazer extrapolações para as centenas ou milhares de anos, com base em dados recolhidos apenas em dezenas de anos, é uma operação de pouco rigor, podendo-se obter resultados não coincidentes consoante os vários métodos estatísticos utilizados. Considera ainda menos rigoroso utilizar, como a maior em 100 anos, a chuvada que efectivamente terá tido um período de retorno de 500 anos.

Os cálculos de previsão de inundações baseiam-se, por vezes, nos “tempos críticos”, isto é, os tempos de duração da chuvada que, em igualdade de outras condições, ocasionam os maiores caudais nas bacias drenagem. Mas quando as chuvadas se prolongam por várias horas, podem entrar em jogo factores que nada têm a ver com esses cálculos teóricos (Costa, 1986).

De facto, no decorrer do presente trabalho, verificou-se que, embora com pouca frequência, ocorrem em Lisboa inundações, por vezes até de certa magnitude, devido a precipitações não consideradas intensas, mas que duram várias horas.

## **2. AS INUNDAÇÕES EM PORTUGAL**

### **2.1. Causas das inundações**

Costa (1986) distingue três grandes tipos de inundações no caso português: as dos grandes rios, que se formam ao fim de vários dias de chuvas prolongadas; as dos

pequenos cursos de água, que se formam ao fim de algumas horas de chuva intensa; e as urbanas, que se podem formar ao fim de algumas dezenas de minutos, aquando de grandes chuvadas cujas consequências são agravadas pela impermeabilização dos terrenos. Segundo Ramos (2000) as inundações em Portugal são devidas a:

a) cheias, isto é, ao transbordo de cursos de água. As cheias podem ser rápidas ou progressivas. As primeiras têm origem em chuvas intensas em curtos períodos, enquanto as segundas se devem a chuvas abundantes durante longos períodos. Os cursos de água que drenam as regiões mais montanhosas podem ainda entrar em cheia devido ao efeito combinado das chuvas e da fusão de neves. No litoral, os caudais elevados dos cursos de água, em situação de pré-transbordo, podem evoluir para situações de cheia se ocorrem simultaneamente com a preia-mar ou com subidas anómalas do nível do mar (*storm surge*);

b) subida da toalha freática em áreas topograficamente deprimidas;

c) galgamentos oceânicos;

d) acumulação de águas em áreas deprimidas devido à reduzida permeabilidade do substrato e ou à impermeabilização do mesmo. Por vezes, assiste-se ao reaparecimento de linhas de água que foram entulhadas ou canalizadas subterraneamente, aquando de situações especialmente chuvosas;

e) sistemas de drenagem artificial de águas residuais e pluviais inadequados ou insuficientes.

Além das precipitações intensas e concentradas, os dois últimos itens podem ser apontados como causa das inundações em Lisboa. Estão relacionadas com o reaparecimento de linhas de água que estão entulhadas ou canalizadas, com a acumulação de águas em áreas deprimidas devido à impermeabilização dos terrenos e com sistemas de drenagem artificial de águas residuais e pluviais inadequados ou insuficientes.

Como nem todas as inundações são devidas às cheias e como os antigos cursos de água que cortavam a cidade de Lisboa estão canalizados subterraneamente ou entulhados, no presente trabalho utilizar-se-á o termo inundações e não o de cheia, dado que o fenómeno em estudo não tem origem na subida do nível de um curso de água e seu transbordo, mas sim em áreas que são alagadas e inundadas, devido à impermeabilização da superfície e à incapacidade de escoamento do sistema de drenagem de águas pluviais da cidade.

## 2.2. As inundações urbanas em Portugal

O termo “inundação urbana” refere-se à natureza urbana do local onde ocorre. A maior parte dos trabalhos dedicados às inundações urbanas, refere-se a cidades que são atravessadas por um curso de água, ou seja, em que parte do tecido urbano se encontra no leito de cheia.

Costa (1986) define inundação urbana, como sendo aquela que é provocada pelas chuvas caídas dentro das próprias bacias da cidade e da qual é fácil fugir para ruas afluentes não inundadas e para pisos superiores. Refere, ainda, que as inundações urbanas são geralmente provenientes de chuvadas de algumas dezenas de minutos apenas e “na maioria dos casos não originam perda de vidas, dados os pequenos volumes de águas em jogo e a relativa facilidade de refúgio em arruamentos afluentes e andares superiores” (ob. cit, pág. 604) .

Rebelo (1997) considera todas as inundações urbanas como rápidas, estabelecendo, no entanto, diferentes escalas relacionadas com as respectivas consequências, havendo assim as mais e menos catastróficas, considerando que as inundações rápidas são frequentes em Portugal e se ligam quase sempre a chuvas intensas. Segundo o mesmo autor, as inundações rápidas podem ser agravadas pela topografia, pela existência de muros ou barreiras no percurso das águas (que origina a sua subida local), por um rio, por uma maré alta elevada e ainda pela viscosidade que as águas ganham em função dos movimentos de terreno (movimentos de massa) nas suas bacias hidrográficas, desde os que se originam em aterros ou desaterros relacionados com pequenas obras de construção civil até aos que se dão em áreas de destruição do coberto vegetal (as cheias com um elevado caudal sólido são mais destruidoras).

No caso concreto da inundação urbana “são geralmente maiores as áreas impermeabilizadas e menores as que podem reagir como terrenos livres a chuvas intensas e prolongadas. As áreas impermeabilizadas (arruamentos e telhados) reagem de modo menos imprevisível que as áreas livres de urbanização, particularmente ao fenómeno da saturação dos solos (Costa, 1986, pág. 613).

Rebelo (1997) considera que as inundações rápidas são frequentes em cidades, independentemente de serem ou não atravessadas por um curso de água, e aponta vários exemplos, entre os quais Lisboa, que considera “o exemplo mais mediático, em que na maioria dos casos só o trânsito é afectado, podendo a água entrar em casas

de habitação e em casas comerciais e onde há prejuízos nem sempre cobertos pelo seguro” (ob. cit, pág. 32). Destaca, igualmente, o caso de Coimbra, em que as ruas se transformam em pequenos ribeiros torrenciais e as escadarias em cachoeiras. Estas ocorrências, não relacionadas com as subidas do Rio Mondego, embora de reduzidas proporções que provocam prejuízos para particulares e dão trabalho e despesas aos serviços municipais, são denominadas de inundações locais rápidas.

Apresenta mapas muito elucidativos, sobre três bacias de drenagem, com a indicação dos percursos da água desde os pontos elevados da cidade, através das ruas. São descritos, com pormenor, os aspectos resultantes da combinação da topografia com a malha urbana da cidade, bem como os locais de inundação e/ou passagem da água, onde “algumas ruas funcionam como verdadeiros leitos de canais componentes de bacias de recepção ou canais de escoamento” (ob. cit, pág. 46). Aponta como principais causas, os declives, lixos e entulhos e as deficiências na rede de esgotos (“na área da Universidade a água rapidamente ultrapassa a capacidade de drenagem da rede de esgotos ou pura e simplesmente a ignora, seja devido ao entulhamento com lixo e pedras, seja devido à maior ou menor velocidade em função do maior ou menor declive das ruas...”, ob. cit, pág. 39). Defende ainda que seria “importante equacionar as quantidades máximas de chuva por unidade de tempo com o volume do canal a abrir ou com o diâmetro das manilhas a utilizar no escoamento das águas pluviais” (ob. cit, pág. 31), embora Oliveira (1942) afirme que isso se tornaria muito dispendioso. Rebelo (1997) conclui que as inundações locais rápidas, apesar dos trabalhos de engenharia, se continuam a fazer sentir. Refere ainda que as situações de crise são mais frequentes nas áreas ainda não estabilizadas em termos de evolução urbanística e que o risco de inundação rápida é maior atendendo à quantidade de material disponível para transporte pelas águas, que entulha com grande facilidade os sistemas de drenagem artificial.

Velhas (1997), a partir da análise das cheias ocorridas no período de Dezembro de 1995 a Janeiro de 1996, na área urbana do Porto, identifica as principais áreas de risco de inundação e os factores influentes. Analisa três tipos de inundações: as da área ribeirinha, relacionadas com as subidas de nível do Rio Douro; as inundações que ocorrem em pequenos cursos de água, em áreas limítrofes da cidade; e as inundações urbanas que ocorrem em áreas onde não existem cursos de água, identificando as possíveis causas. “Na maioria dos casos, (as inundações) são devidas às fortes intensidades pluviométricas, que aliadas à impermeabilização crescente destas superfícies, ocasionaram elevados coeficientes de escoamento e acumulações

de água, em pontos de cota mais baixa, onde as soluções técnicas de drenagem nem sempre se revelaram as mais adequadas” (ob. cit., pág. 56). A estas características do escoamento de superfície aliar-se-ão, segundo a autora, alguns componentes da hidrologia subterrânea do Porto. Utiliza um índice de sinistralidade (número de intervenções realizadas pelos Bombeiros Sapadores do Porto de Novembro de 1995 a Janeiro de 1996, relativa apenas a ocorrências de natureza hidrológica) em que inclui inundações de áreas marginais a linhas de água, alagamentos ou inundações de edifícios, caves e caixas de elevadores e acumulações de água na via pública devido às más condições de drenagem ou a rebentamento de condutas.

Saraiva *et al* (1994) contribuíram para uma avaliação integrada da problemática das cheias em áreas de expansão urbana, neste caso Setúbal, tendo em conta dois aspectos principais: a caracterização da ocorrência de cheias no contexto biofísico da bacia hidrográfica e a integração da percepção pública do risco de cheias na definição das medidas mais adequadas para a protecção da população afectada.

O estudo preconiza que a problemática das cheias seja abordada numa perspectiva integrada de gestão de toda a bacia hidrográfica, em que são incluídos os aspectos biofísicos, sócio-económicos e perceptivos, e que permita efectuar uma avaliação dos diferentes níveis de impacto.

Após a recolha de dados sobre a área em estudo e a região onde se insere, foi criada uma base de dados georeferenciada, e utilizados SIG, que forneceram cartas de caracterização biofísica, como declives, exposições, hipsometria, a partir do Modelo Digital de Terreno (MDT).

Um dos objectivos do estudo consiste em estabelecer procedimentos automáticos para a estimação de caudais de cheia e delimitação das áreas inundadas, para diversos períodos de retorno e para diferentes cenários de ocupação do solo, através da modulação dos processos hidrológicos e hidráulicos. A informação digital é tratada, segundo o modelo hidrológico XSRain (Verdin e Morel - Seytoux, 1981) implementado em SIG, que relaciona a precipitação com o escoamento a partir do qual se calcula o valor do caudal de ponta.

Neste estudo são identificados dois tipos de inundações em Setúbal: inundações que ocorrem todos os anos, em algumas áreas bem delimitadas, causadas pelas deficiências do sistema de drenagem urbana, e as devidas ao sistema fluvial que aflui à cidade, menos frequentes, mas que atingem maiores superfícies. É referido a existência de diversos tipos de comportas e a sua utilização para os níveis de água

atingidos pelas inundações mais frequentes, bem como a importância do conhecimento do efeito das marés na possibilidade de inundações.

### **2.3. As inundações na Região de Lisboa**

Vários autores (Amaral, 1968; Rodrigues *et al* 1985; Costa, 1986; Roxo e Ventura, 1986; Sequeira e Cabral, 1987; Direcção Regional do Ambiente e Recursos Naturais, 1989; Grupo de Trabalho das Cheias, 1987 e 1988; Saraiva e Ramos, 1992 e Rebelo, 1997) estudaram as cheias rápidas que ocorreram na Região de Lisboa em 1967 e 1983, principalmente nos concelhos de Oeiras, Cascais e Loures. São unânimes nas principais causas e consequências catastróficas das inundações, nos arredores da cidade, que, após várias horas de chuvas copiosas, ocorreram junto de cursos de água de pequena dimensão e afectaram, inclusivé, áreas urbanizadas por eles atravessadas.

Segundo Costa (1986), este tipo de inundações sempre existiu, mas a probabilidade de encontrarem estabelecimentos humanos no seu caminho tem vindo a aumentar com a progressão do fenómeno urbanístico, devido à passagem de população rural a urbana.

Os diversos autores apresentam as chuvadas como principal causa dos caudais extremamente elevados, de água e lama, para os quais as redes de drenagem e de esgotos não estavam preparadas. A esta acrescentam:

- reduzida área de drenagem de algumas bacias, que facilitou a rapidez do fenómeno;
- destruição de matas e matos que ocupavam as áreas de maior declive;
- mobilização e abandono de terrenos agricultados;
- multiplicação de muros e de aterros transversais às linhas de água, que passaram a comportar-se como diques;
- fornecimento de detritos abundantes com origem em pedreiras, saibreiras e outras explorações não protegidas, cortes de estradas, mal delineados sem o apoio de levantamentos geológicos de pormenor e sem cobertura de vegetação apropriada;

- canalização de certos troços de ribeiras, sem terem sido garantidas as condições favoráveis de escoamento;
- insuficiência e inadequação dos esgotos urbanos;
- inobservância das regras mais elementares dos condicionalismos hídrico e biológico dos vales;
- construção de grandes grupos de edifícios em áreas impróprias, que chegam a estar sobre linhas de água.

Costa (1986) estabelece comparações entre as cheias de 1967 e de 1983 referindo que as segundas foram menos catastróficas, não só devido à maior intensidade da chuvada nas primeiras horas de precipitação, como já se referiu, mas também à remoção de bairros clandestinos, à eliminação de alguns obstáculos ao escoamento e, ainda, aos alertas feitos pela vizinhança.

Amaral (1968) e Costa (1986) descrevem ainda os valores dos respectivos parâmetros pluviométricos, nomeadamente a precipitação ocorrida em vários períodos de tempo, debruçando-se o primeiro também sobre a situação sinóptica.

Direcção Regional do Ambiente e Recursos Naturais (1989) e Grupo de Trabalho das Cheias (1987 e 1988) além de determinarem as causas das cheias na Região de Lisboa e analisarem a situação no que se refere à desorganização territorial, propõem medidas correctivas quer estruturais quer não estruturais. As primeiras referem-se à intervenção em cursos de água reduzindo o risco, interferindo nos parâmetros hidráulicos, e as segundas, a acções de carácter preventivo como o zonamento e restrições ao uso do solo, seguros contra cheias e preparação de planos de emergência e acções de informação e educação pública.

O que acontece na Região de Lisboa não é específico desta região, dado que os problemas são muito parecidos nos arredores do Porto (Velhas, 1997) e na área urbana de Setúbal (Saraiva *et al*, 1994). Segundo Ribeiro (1997 em Velhas, 1997), estes são os espaços mais problemáticos no que respeita à sinistralidade hidrológica urbana, coexistindo opções de ordenamento duvidosas, precárias condições sócio-económicas e, claramente, uma percepção desadequada do risco hidrológico, contribuindo este conjunto de circunstâncias para o aumento da vulnerabilidade social.

## **2.4. As inundações na cidade de Lisboa**

As inundações de Lisboa são urbanas, por ocorrerem em tecido urbano, impermeabilizado na sua quase totalidade, em que estão implicados pequenos volumes de água que alagam as vias e os andares térreos.

Outra das suas características é que são inundações rápidas devido à velocidade de formação e das águas em função do incremento produzido pelo factor relevo no escoamento. No entanto, como se verá, em algumas inundações na cidade de Lisboa a água atingiu cotas consideráveis, excedendo em muitos lugares o nível do primeiro andar (Xabregas), e a sua velocidade atingiu, por vezes, valores consideráveis arrastando carros (Rua de São Bento e Rua do Arco do Carvalhão), ainda na década de 80.

Em Rebelo e Ganho (1998) é referida como principal causa das inundações de 18 de Outubro de 1997, as fortes precipitações (85 mm em 6 horas); para Costa (1986) as inundações que ocorrem no tecido urbano de Lisboa, são devidas, na maior parte dos casos, a chuvadas de poucas horas ou até poucos minutos. Também Telhado (1998) refere como principal causa das inundações na cidade, as fortes precipitações, quer repentinas quer prolongadas, características do Outono/Inverno.

Como agravantes das consequências das inundações, estes autores referem: a geologia e a morfologia do concelho, a hidrologia, face às diferentes formas de ocupação do solo, onde os elevados índices de área construída interferem directamente no escoamento superficial e infiltração; a hidrografia, em que as antigas linhas de água e respectivas bacias de drenagem promovem o aparecimento de áreas inundadas, associadas à ocorrência de roturas em colectores, coincidentes com os locais frequentemente alvo de situações anómalas (entupimento de valetas, sumidouros e valas de drenagem), e o efeito de maré na Frente Ribeirinha, onde as frequentes inundações se associam, por vezes, a bloqueio ou inversão do sentido de escoamento na rede de saneamento. Oliveira (1942) refere que as deficiências da rede drenagem, traduzidas em roturas e inundações frequentes, são devidas à insuficiência das secções dos colectores para assegurarem o escoamento das águas superficiais originadas por precipitações intensas de curta duração. Rebelo e Ganho (1998) também salientam, como factores agravantes, as sarjetas entupidas e a grande quantidade de obras públicas (em Outubro de 1997), que forneceram grandes quantidades de carga sólida.

Rebello e Ganho (1998) referem que, em Outubro de 1997, a cidade foi toda afectada pelas inundações, em especial a Baixa e a Frente Ribeirinha, destacando-se o bairro de Alcântara onde, segundo os autores, desaguou uma verdadeira torrente que afectou o comércio e alguma habitação de classe média, atingindo a água 90 cm de altura em alguns locais. Para Telhado (1998), este tipo de catástrofe apresenta repercussões localizadas, as quais podem distribuir-se por várias áreas, não interferindo com o funcionamento global da cidade. Costa (1986) refere que nas inundações em Lisboa o número de vítimas é, geralmente, pequeno e dá o exemplo de 1967 em que apenas se registaram 4 mortos no interior da cidade de Lisboa.

Em Oliveira (1942), é referido que o Eng. Arantes e Oliveira foi encarregado, pela Câmara Municipal de Lisboa, de elaborar um estudo do projecto geral da remodelação e ampliação do sistema de esgotos da cidade, para o que salienta a necessidade do conhecimento do regime de chuvas da área servida para a determinação das capacidades dos colectores de esgotos de uma rede de saneamento unitária, ou dos colectores de águas pluviais de uma rede em sistema separado. Também Matos (1987) é da opinião que o correcto dimensionamento e/ou análise do comportamento de sistemas de drenagem pluvial implica necessariamente um conhecimento adequado da precipitação, por se tratar do parâmetro mais importante para o cálculo de caudais.

Oliveira (1942) efectuou este estudo por dispor de observações udográficas relativas a um período de tempo considerável, existentes no Observatório do Infante D. Luís entre 1856 e 1939 (inclusivé). Consultou cerca de 30.000 dados, utilizando os registos relativos ao período de oitenta anos (1860 e 1939) que considerou suficiente, e definiu, provisoriamente, as intensidades mínimas características de uma precipitação anormal para as diferentes durações consideradas. Considerou que a definição de chuva intensa (*excessive rainfalls*) estabelecida pelo U.S. Weather Bureau, como sendo igual a  $0,001t + 0,20$ , em que  $t$  é o tempo em minutos (Quadro 1 – colunas 4 e 5), levaria a valores mínimos muito elevados na cidade de Lisboa, principalmente para as durações superiores a 60 minutos. A partir da pesquisa que efectuou nos diagramas, considerou  $0,008t + 4,2$  a expressão ideal para a cidade de Lisboa, excluindo todos os valores abaixo dos indicados após ordenação dos dados (Quadro 1 – colunas 6 e 7). Estão ainda representadas, no mesmo quadro, as intensidades máximas observadas em Lisboa para cada período de duração.

**Quadro 1 – Precipitações críticas para a cidade de Lisboa, para diferentes durações (Oliveira, 1942)**

Duração (minutos)	Intensidades máximas observadas		Intensidades mínimas consideradas			
			U.S. Weather Bureau		A. Oliveira	
	mm	mm/h	mm	mm/h	mm	mm/h
5	11,0	132,0	4,5	54,0	4,5	54,0
10	17,0	102,0	5,0	30,0	5,0	34,0
15	21,9	86,4	5,5	22,0	5,5	22,0
20	24,0	72,0	6,0	18,0	6,5	19,5
30	33,0	66,0	6,5	13,0	7,5	15,0
45	43,7	58,3	8,0	10,7	9,0	12,0
60	51,0	51,0	9,0	9,0	10,0	10,0
80	60,0	45,0	10,5	7,9	11,0	8,3
100	67,6	40,6	12,0	7,2	12,0	7,2
120	70,0	35,0	14,0	7,0	14,0	7,0

Em Oliveira (1942) são também apresentados, entre outros, dois quadros muito úteis, um com o registo, por ordem cronológica, de todas as precipitações pluviais extraordinárias (em milímetros para as várias durações) e outro com o registo, por ordem decrescente, das intensidades das precipitações pluviais extraordinárias (em milímetros para as várias durações indicadas) ocorridas em Lisboa e as respectivas frequências anuais, no período 1860-1939.

Em Telhado (1998) são definidos os períodos temporais, nos quais analisa as inundações em Lisboa, a partir da intensidade elevada de precipitação para um determinado tempo de duração, socorrendo-se da expressão  $R > 4,2 + 0,08 \Delta t^2$  (Peixoto 1987), em que  $R$  = quantidade de precipitação (mm) e  $\Delta t$  = tempo de duração (minutos). Dos limites estabelecidos por Peixoto (1987 em Telhado, 1998), a autora escolhe o valor de precipitação considerado “anormal” para Lisboa (intensidade elevada para um determinado tempo de duração) responsável pelas situações de inundação em Lisboa, seleccionando apenas os períodos temporais 5, 10, 15, 30 e 60 minutos (Quadro 2).

Oliveira (1942) recomenda a não utilização dos valores ocorridos uma única vez em 80 anos, para o cálculo dos colectores de drenagem, o que levaria a dimensões economicamente não praticáveis, tendo em atenção a raridade de ocorrência daquelas intensidades. Devem assim ter-se em atenção as frequências de ocorrência dessas precipitações anormais para a fixação dos valores máximos que devem ser previstos para os colectores de drenagem das água de origem pluvial. No caso de Lisboa, que

apresenta bacias com uma área relativamente reduzida e declives acentuados, as intensidades que se devem ter em conta são as relativas a chuvas anormais de curta duração. O autor propõe que devem ser tidas em conta as precipitações máximas, correspondentes aos valores igualados ou excedidos uma vez num período de 25 anos, ou mesmo, de 10 anos.

**Quadro 2 - Limites mínimos de valores de precipitação considerados “anómalos“, por período de tempo, para Lisboa, de acordo com Peixoto (1987, em Telhado 1998)**

<b>Período Temporal</b>	<b>Precipitação (mm)</b>
5 minutos	> 4,6
10 minutos	> 5,0
15 minutos	> 5,4
30 minutos	> 6,6
60 minutos	> 9,0
2 horas	> 13,8
6 horas	> 33,0
24 horas	> 119,4

Segundo Matos (1987), a determinação, para efeitos de projecto, do caudal de ponta e/ou dos hidrogramas de escoamento passa pela especificação de uma “ precipitação de projecto”, que consiste em definir a duração da precipitação, o período de retorno, ou quantidade total da precipitação associados a esse período de retorno e a distribuição temporal da intensidade, ou seja o hietograma da precipitação. Descreve o procedimento utilizado para as curvas de Intensidade-Duração-Frequência (I-D-F) para Portugal, com base numa análise exaustiva de dados udográficos, e salienta que os melhores resultados são obtidos com a lei de Pearson tipo III. Analisando os valores correspondentes a 2, 5, 10, 50 e 100 anos, sendo as curvas do tipo:

$$I=at^b \text{ ou } P=at^{(b+1)}/60$$

em que I - Intensidade média da chuvada de duração t, para um dado local e para um determinado período de retorno (em mm/min); P - precipitação total (em mm);

t - duração da chuvada (em min); a e b - parâmetros que variam com o local e o período de retorno, correspondendo neste caso a valores para Lisboa.

Telhado (1998) utilizou as curvas I – D – F propostas por Matos e Silva, 1986 (em Telhado, 1998), para tentar definir os períodos de retorno para os limites mínimos das precipitações anómalas propostas por Peixoto, 1987 (em Telhado, 1998). Verificou que têm períodos de retorno inferiores a 2 anos para tempos de duração da chuvada curtos e, entre 5 e 10 anos, para tempos de duração da chuvada de 24 horas (Quadro 3).

**Quadro 3 - Valores de precipitação, obtidos através das curvas I-D-F, por períodos temporais, aplicados a diferentes períodos de retorno segundo Matos e Silva (1986, em Telhado 1998)**

Período de Retorno (anos)	Período temporal (min)					
	5	10	15	30	60	1440
2	6,7	8,9	10,9	14,2	19,1	73,2
5	8,7	11,8	14,1	19,2	26,0	104,5
10	10,0	13,7	16,4	22,5	30,7	128,7
20	11,1	15,3	18,5	25,5	35,1	152,4
50	12,5	17,4	21,1	29,4	40,9	185,7
100	13,5	18,9	23,1	32,5	45,7	218,2

Telhado (1998) considera, a partir da análise estatística da precipitação, que esta só se revela significativa quando associada a montantes de pluviosidade considerados anómalos (períodos de retorno elevados). Em termos de precipitação, o período temporal privilegiado para o estudo das inundações em Lisboa (valores de precipitação anómala), corresponde aos 30 e 60 minutos.

Matos (1987) descreve ainda os aspectos fundamentais da investigação realizada com base em cinco anos de registos contínuos de precipitação numa bacia experimental em Lisboa (Alvalade), que conduziu à configuração de precipitações de projecto de intensidade variável, para aquela área da cidade.

Destes trabalhos, destaca-se o de Telhado (1998) cuja finalidade era a elaboração da Carta de Inundação para o Município de Lisboa, a partir de uma análise de eventos históricos, referentes a intervenções por inundações, fornecidos pelos bombeiros e pela Brigada de Colectores, no período que vai de 15-01-1972 a 31-12-1995, ao qual foi acrescentado o dia 26-11-1967. Este estudo serviu de base aos mapas publicados no Atlas de Lisboa (Câmara Municipal de Lisboa, 2001).

Um dos objectivos deste trabalho, era o de definir as áreas de distintas sensibilidades face ao fenómeno das inundações no concelho de Lisboa. A metodologia seguida recorreu às potencialidades dos SIG, em que construiu um modelo digital de terreno, a partir do qual foram elaborados dois mapas, um de declives e um hipsométrico. Tendo como base a carta do concelho de Lisboa à escala de 1/10.000, foram sobrepostos os diferentes níveis de informação, nomeadamente: freguesias, bacias de drenagem, ocorrências de pedidos de socorro por inundação ao Regimento Sapadores de Bombeiros, intervenções da brigada de colectores, rede de drenagem, carta de declives, hipsometria, delimitação da área sujeita ao efeito de maré e eixos viários.

A autora define como áreas mais sensíveis à manifestação deste tipo de fenómeno:

- a Frente Ribeirinha e os pontos cotados de baixa altitude, onde a influência das marés, assim como o assoreamento dos colectores, provocam o mau funcionamento do sistema de drenagem artificial da cidade;
- as áreas atravessadas por linhas de água (parcial ou totalmente canalizadas subterraneamente);
- as áreas mal planeadas, ou seja, os locais onde o dimensionamento de novos colectores se encontra desajustado face às reais necessidades;
- as áreas não sujeitas a limpezas, desentupimentos e desassoreamento de valetas, sumidouros ou esgotos, como seria desejável;
- as áreas coincidentes com obras de arte, do tipo passagem inferior (caso dos túneis), por entupimento dos sumidouros e deficiência técnicas do equipamento.

Estas áreas são, concretamente:

- com forte vulnerabilidade – a Baixa Pombalina com prolongamento para Norte, pelas áreas circundantes ao troço inicial das Avenidas da Liberdade e Almirante Reis, a área de S. Vicente/ Santa Apolónia, a área do Bairro Alto, de Santos/Av. Dom Carlos I, de

Alcântara/Calvário, área do Rio Seco, Pedrouços/Algés, Portas de Benfica, Praça de Espanha/Campo Pequeno/Entre-Campos.

- com média vulnerabilidade – áreas coincidentes com os eixos da 2ª Circular /Rotunda do Aeroporto, Alameda das Linhas de Torres/Calçada do Carriche, Estrada de Benfica, corredor ribeirinho ocidental (24 de Julho), Quinta das Conchas, Xabregas, e do cruzamento da Avenida EUA com a Avenida Gago Coutinho.

Segundo a mesma autora, na análise ao universo de registos de pedidos de socorro por inundação, solicitados ao Regimento Sapador Bombeiros, discriminados por classe de sinistro, constata-se que a principal causa de inundação se deve a problemas no estado de conservação em espaços fechados, mais concretamente nos edifícios, com 31%, seguindo-se as situações justificadas por motivos de entupimento, com 25% dos casos. As causas das restantes situações de inundação (44%) não são discriminadas.

## **CAPÍTULO II**

### **INUNDAÇÕES OCORRIDAS NO ÚLTIMO SÉCULO NA CIDADE DE LISBOA**



## 1. METODOLOGIA ADOPTADA

O estudo das inundações na cidade de Lisboa foi efectuado entre 1918 e 1998 (inclusivé), englobando um período de 81 anos civis, de modo a obter uma série temporal suficientemente longa, que pudesse revelar a forma como este fenómeno tem evoluído. Para tal, procedeu-se ao levantamento em vários jornais diários, principalmente em “O Diário de Notícias” e “O Século” de notícias que relatassem as consequências de grandes chuvadas na cidade de Lisboa. As ocorrências anteriores não foram consideradas, devido a problemas de obtenção e homogeneização da informação.

Para a pesquisa não ser aleatória, foi efectuada uma listagem dos dias cuja precipitação diária foi igual ou superior a 10 l/m<sup>2</sup>, valor considerado significativo como base de pesquisa. Esta selecção de datas foi efectuada nos Anais do Instituto Geofísico Infante D. Luís (IGIDL), sendo os dados da precipitação referentes aos registos da estação meteorológica de Lisboa/Instituto Geofísico, o qual se encontra numa posição mais ou menos central da área em estudo. Além destes dias, foram consultados os calendários das precipitações intensas publicadas em Oliveira (1942), bem como a base de dados do Departamento de Climatologia do IGIDL (dados não publicados), sendo pesquisadas as notícias dos jornais com base nestas datas.

Foi necessário confrontar pelo menos as notícias de dois jornais, de modo a obter informação o mais completa possível sobre cada acontecimento. Várias vezes, a inexistência de um daqueles dois periódicos para o dia considerado levou a que se consultassem outros jornais diários. Até 1950, optou-se por *O Mundo e Diário da Manhã*. A partir de 1976, ano em que desaparece *O Século*, a leitura do *Diário de Notícias* passou a ser complementada pelo *Diário Popular* até 1979, pelo *Correio da Manhã* de 1979 até 1992, e pelo *Público* após 1992.

Em 1918, primeiro ano do período estabelecido, a maior parte da área em estudo já se encontrava urbanizada, apesar de ser nos anos 30/40, que Lisboa se expande de forma significativa: «Ao crescimento da cidade, na segunda metade do séc. XIX, tinham estado associados a estabilidade e o desenvolvimento geral propiciados pela Regeneração (...) e aqui foi determinante a tendência do crescimento para norte, a partir da destruição do

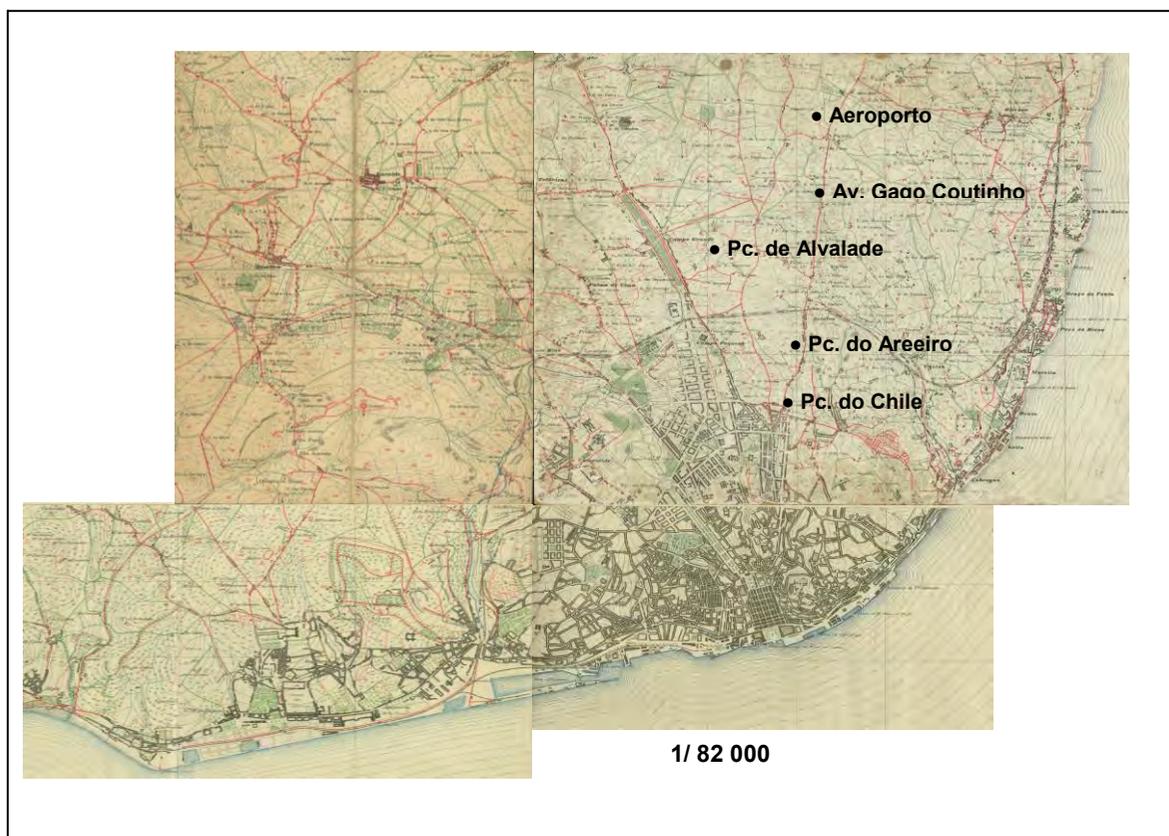
Passeio Público e do início das obras da Av. da Liberdade, em 1879 (...). Deste modo, a Lisboa oitocentista cresce através de dois eixos: desde a Av. da Liberdade até ao Campo Grande, através das Picoas, da Pç. Duque de Saldanha e da Av. da República, e a partir da Av. Rainha Dona Amélia, chamada depois Almirante Reis. Definem-se também os novos Bairros: Barata Salgueiro, Camões, Avenidas Novas, Campo de Ourique e Estefânia (...) e o aterro construído em função da linha de comboio entre Lisboa e Cascais. Com o projecto inicial de ligação ferroviária a Santa Apolónia, depois não concretizado, o rio recua no final do séc. XIX. Deixa de passar ao edifício da grande estação, afasta-se de Belém, coloca a Torre próxima da Terra. A avenida corre paralela ao Tejo, até ao Mercado da Ribeira, ao Cais do Sodré, e para diante.» (Nair Alexandra *in* Público 04/08/2001). «Os primeiros anos do século actual (XX) são marcados pela abertura das Avenidas Novas que liga a velha cidade ao Lumiar, Benfica e Areeiro; pela construção do bairro Camões, a leste do limite setentrional da Avenida bem como pelo conjunto de ruas que vão do Salitre ao Rato. A área de Campolide, junto ao Parque Eduardo VII, começa gradualmente a povoar-se de construções, em especial depois de terminada a Primeira Grande Guerra. Entre esta e a década de 40, lançaram-se os alicerces da Lisboa de hoje, cujo fulcro de crescimento se centrou em torno de Campolide e das Avenidas, cuja última fase, a da construção do Bairro Azul marca o novo encontro residencial da burguesia endinheirada de Lisboa.» (Brito, 1976 *in* Cavaco, 1979, pág. 528).

Os textos referidos e a figura 1 permitem verificar que, em 1918, a quase totalidade da área em estudo já se encontrava construída. Apenas estavam por urbanizar: o troço da Av. Almirante Reis a Norte da Praça do Chile (Bairro dos Actores), a Avenida Almirante Gago Coutinho e o Bairro de Alvalade.

Nos jornais consultados, a notícia sobre as inundações surge, normalmente, no dia posterior à sua ocorrência. Quando a chuvada ocorre às primeiras horas da madrugada, podem surgir relatos no jornal do próprio dia, sendo por vezes incompleto, o que levou a uma nova consulta do dia seguinte. Após episódios de consequências mais gravosas, podem surgir notícias passados dois dias e até mais, pelo que se teve o cuidado de rectificar essa informação.

Por outro lado, nas épocas em que os jornais não foram publicados, nos Domingos e dias feriados, o acontecimento é apenas relatado dois dias depois, o que origina uma notícia

pouco completa. Geralmente, dois dias depois já não se fala das consequências da inundação, a não ser que se trate de um acontecimento excepcional. Neste caso, as inundações de maiores proporções surgem mais bem relatadas nos dois dias posteriores à ocorrência.



**Fig. 1 - Cidade de Lisboa em 1911-1916 segundo a Carta dos Arredores de Lisboa  
(Estado Maior do Exército, 1911-1916)**

A consulta posterior dos Anais do Instituto Geofísico, onde constam os valores das precipitações ocorridas em todos os intervalos de uma hora, confirmou, de uma forma exacta, a definição temporal da chuvada que deu origem à inundação.

Para maior rigor, foram confrontadas quatro tipos de datas: data da notícia, data do registo da precipitação diária ( $\geq 10 \text{ l/m}^2$ ), data da ocorrência da inundação e, nos casos em que foi necessário, a data da precipitação mais intensa.

Na cidade de Lisboa, os jornais são muito férteis em artigos sobre chuvadas e inundações, o que facilita e torna possível o presente trabalho. Surge uma notícia sempre que ocorre uma inundação, mesmo que tenha tido consequências pouco gravosas. Os relatos sobre grandes chuvadas e respectivas consequências nunca deixam de ter posição de destaque, nem os artigos em si perdem qualidade, mesmo em periódicos recheados com notícias importantes de outro âmbito.

No entanto, após a década de sessenta, ocorrem algumas modificações quer ao nível do teor e pormenorização quer na frequência das notícias.

Até aos anos setenta, além da descrição dos aspectos principais da ocorrência, os artigos terminam com uma listagem das moradas onde os bombeiros foram chamados. Essa pormenorização vai diminuindo no decorrer do tempo, passando a notícia a referir bairros/áreas e apenas em alguns casos são enumerados os locais específicos. Como tal, no apuramento dos resultados, as inundações foram quantificadas por área ou bairro e não por locais específicos, a fim de homogeneizar a informação.

A menor pormenorização pode estar relacionada com o facto deste tipo de notícias, muito esmiuçadas, terem perdido o interesse adquirindo outros maior relevância. Deve salientar-se que o período em estudo se refere a uma época de grandes transformações económicas, políticas e sociais no país e na cidade de Lisboa, que se reflectem na própria estrutura dos jornais e na concepção das notícias. Mesmo após o aparecimento da televisão, a informação jornalística é, até ao 25 de Abril, muito marcada pela pormenorização dos acontecimentos em geral e dos respectivos intervenientes.

No entanto, verifica-se uma melhoria da notícia em termos de sistematização e síntese, a partir daquela altura, escrita passa a incluir uma abordagem de âmbito mais profundo, nomeadamente estatísticas de inundações e artigos sobre os problemas existentes no sistema de esgotos e de águas pluviais da cidade.

Na década de setenta e seguintes, o número de notícias relacionadas com inundações diminuiu. Este facto está directamente relacionado com a ocorrência de muitos anos secos e com diversas obras que melhoraram o sistema de águas residuais e pluviais em vários pontos da cidade.

Normalmente, a notícia é composta por uma introdução com os aspectos mais relevantes do acontecimento: áreas mais afectadas, altura máxima atingida pelo nível da água em

cada área ou local, aspectos meteorológicos relativos à precipitação (hora em que começou a chover e hora do início da precipitação mais intensa), direcção e intensidade do vento, e acompanhamento ou não de trovoadas. Posteriormente, é feita uma descrição mais detalhada da localização da inundação e possíveis consequências, em que os aspectos referentes à desorganização da vida local são relatados, nomeadamente a paragem de veículos, rebentamento de colectores e de sarjetas, encerramento das actividades terciárias, avarias nos telefones, desastres com meios de transporte, etc.

Em alguns casos são feitas comparações com inundações e valores de precipitação de ocorrências anteriores.

A listagem das moradas que solicitaram os serviços do corpo de bombeiros revelou-se de grande utilidade na identificação dos locais de maior perigosidade. Contudo, como já foi referido, estas informações eram mais frequentes até aos anos setenta.

No presente trabalho, as notícias de inundações identificadas como consequência do entupimento de algerozes ou problemas em telhados foram excluídas, sendo fácil o seu reconhecimento devido à identificação do andar.

Ocorrem outro tipo de fenómenos, com origem nas grandes precipitações, ou correlativos destas, nomeadamente problemas em edifícios (queda total ou parcial, infiltrações, quedas de tectos), bem como quedas de muros e movimentos de terreno. Estes últimos são geralmente mencionados à parte, mas dentro do mesmo artigo.

São ainda referidas as vítimas (mortos ou feridos) em cada acontecimento, que vão desde a pessoa que é levada pela corrente em determinada rua, ao habitante que estava em casa, e ainda, em casos mais raros, as pessoas que foram colhidas pelos desabamentos de muros. Algumas vezes são referidos pormenores referentes aos prejuízos causados. A intervenção dos bombeiros é descrita com pormenor sempre que o fenómeno atinge determinada magnitude. É mencionado o número de chamadas telefónicas feitas para os vários quartéis e referido o período temporal em que as mesmas foram efectuadas. Este facto revelou-se muito útil para detectar nos Anais do Instituto Geofísico, a hora específica, em que ocorreu a chuvada, que deu origem à inundação.

Para a elaboração deste trabalho concentrou-se, num catálogo, a diversa informação relativa às inundações na cidade de Lisboa recolhida nos jornais, nos Anais do IGIDL e nos Boletins Meteorológicos do INMG. Devido à variedade de informação, os aspectos

referentes a cada inundação foram organizados em quatro conjuntos: datas, valores pluviométricos, características da situação meteorológica e consequências na cidade.

Na base deste catálogo, encontram-se dois tipos de dados que nos permitem caracterizar as inundações na cidade de Lisboa e estudar a sua evolução, ao longo do período em análise: dados temporais e dados espaciais. Os primeiros referem-se à pluviosidade, às características do tipo de tempo e às várias unidades temporais de análise: ano, estação do ano, mês, quinzena e hora; os segundos referem-se às informações sobre a localização e dimensão das áreas inundadas.

## **2. VARIAÇÃO TEMPORAL DAS INUNDAÇÕES ENTRE 1918/19 E 1997/98**

Este ponto destina-se a analisar a evolução do número de inundações ao longo dos 80 anos, não só à escala anual, mas também à escala da estação do ano, mês e quinzena, encontrando-se organizado com base no ano climatológico.

### **2.1. Variação interanual**

Nos 80 anos estudados ocorreram 420 inundações em 418 dias, visto a 14 de Dezembro de 1963 e a 24 de Setembro de 1965 se terem registado dois episódios em cada um daqueles dias. Na cidade de Lisboa ocorreram assim, em média, cerca de 5 inundações por ano, o que revela uma grande frequência do fenómeno na cidade.

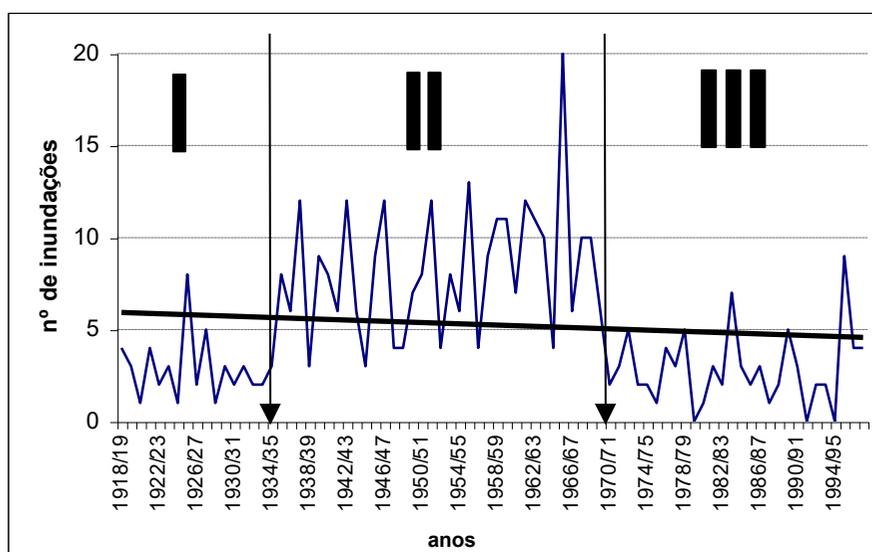
Em 36 dos anos, cerca de 45%, ocorreram cerca de 2 e 4 inundações por ano na cidade. Do conjunto, destaca-se o ano de 1965/66 com 20 inundações. Em 13 dos anos (cerca de 16%), ocorreram mais do que 9 inundações em cada ano. Apenas em 3 anos, não se registaram inundações em Lisboa: 1979/80, 1991/92 e 1994/95.

A variação interanual do número de inundações ao longo do período é muito irregular (Fig. 2). O período em estudo pode ser dividido em três sub-períodos: I de 1918/19 a 1934/35, II de 1935/6 a 1969/70 e III de 1970/71 a 1997/98. Nos períodos I e III ocorreram, em média, apenas 3 inundações por ano, quando no período II a frequência foi

mais elevada (8 inundações por ano; quadro 4).

Os sub-períodos I e III, apesar de apresentarem baixas frequências, distinguem-se pelo facto de o primeiro ser mais curto e apresentar uma amplitude de variação menor, oscilando entre 1 e 5 ocorrências por ano, enquanto que no terceiro (III), mais extenso, o número de inundações por ano varia entre 0 e 7. No período II, a amplitude de variação oscila entre 3 e 20 inundações anuais.

A recta de tendência, visível na figura 2, revela uma ligeira diminuição do número de inundações por ano entre 1918/19 e 1997/8.



**Fig. 2 - Tendência evolutiva das inundações /ano na cidade de Lisboa, entre 1918/19 e 1997/98**

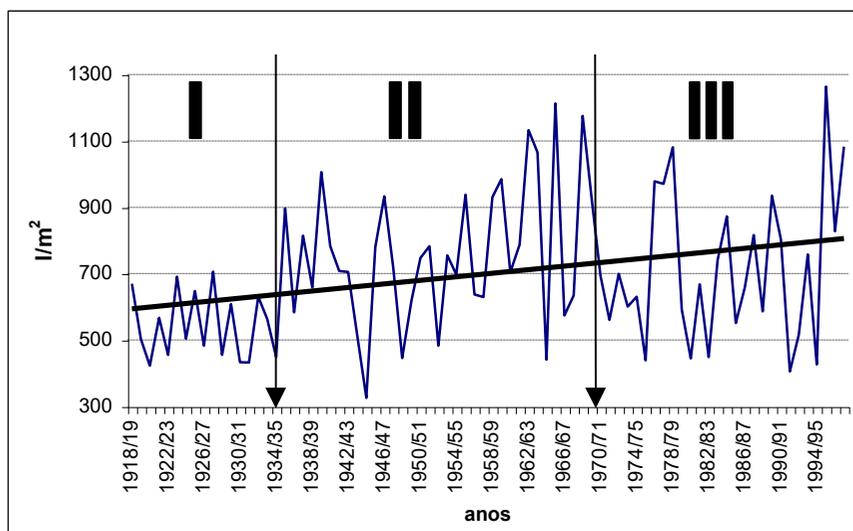
**Quadro 4 - Variação das inundações nos sub-períodos I, II e III**

Sub-período	Total de anos	Total de inundações	Inundações/ano
I – 1918/9 –1934/5	17	49	3
II – 1935/6-1969/70	35	291	8
III – 1970/71- 1997/8	28	80	3

Como a precipitação é o factor desencadeante das inundações, procurou-se precisar se a alternância de anos com fracas e fortes frequências de inundações bem como os três sub-períodos acima referidos se relacionam com a variabilidade das precipitações anuais.

Os totais anuais de precipitação, por ano climatológico, foram deduzidos a partir dos valores mensais registados nos Anais do IGIDL, que se encontram organizados por ano civil. Alcoforado (1984) testou a homogeneidade da série de precipitações anuais para esta estação, no período 1870-1975, a partir do teste da dupla acumulação em relação à estação meteorológica do Instituto Geofísico de Coimbra. Aquela série foi considerada homogénea, apesar das mudanças ocorridas no tipo de aparelhos em 1918 e 1930, ligeiramente perceptíveis graficamente.

Assim, a análise da figura 3 mostra que as precipitações anuais podem também ser divididas em três sub-períodos. Estes sub-períodos são mais ou menos coincidentes com os detectados na figura 2, apesar das diferenças entre os dois sub-períodos não serem tão nítidas na precipitação.



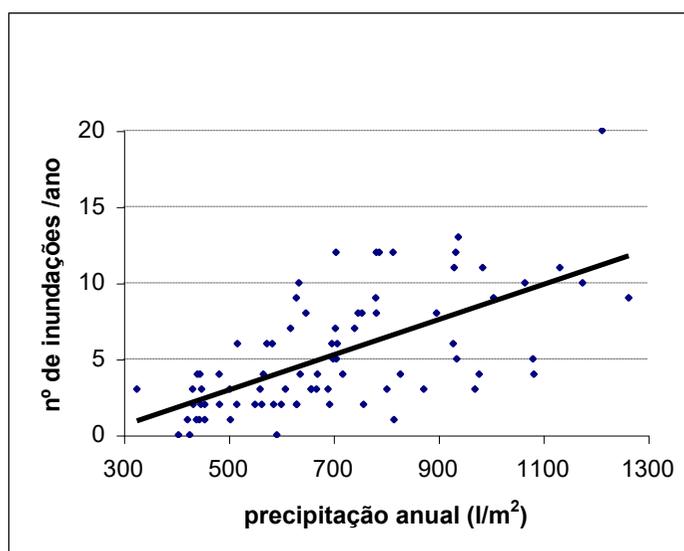
**Fig. 3 – Tendência evolutiva da precipitação anual em Lisboa - Instituto Geofísico, entre 1918/19 e 1997/98**

O sub-período II, de maior frequência de inundações, é também o de valores mais

elevados de precipitação anual, em média 764 l/m<sup>2</sup>. Pelo contrário, os períodos I e III, de menor frequência de inundações, correspondem a médias de precipitação anual também inferiores, de 542 l/m<sup>2</sup> e 716 l/m<sup>2</sup>, respectivamente .

No sub-período II (1935/36-1969/70), os anos de maior frequência de inundações são também os anos em que a precipitação anual excede em média 900 l/m<sup>2</sup> . Em 5 dos anos, entre 1962/63 e 1968/69, o total anual foi mesmo superior a 1000 l/m<sup>2</sup>, destacando-se o ano de 1965/66, recorde da série dos 80 anos, quer em precipitação com 1214 l/m<sup>2</sup>, quer no número de inundações com 20 episódios.

A figura 4 permite confirmar a forte correlação ( $r = +0,64$ ) entre o número de inundações por ano e a precipitação anual. Contudo, como se nota na figura, há várias excepções, podendo ocorrer em anos secos, mais inundações que em anos húmidos, o que não é de estranhar dado que as inundações urbanas são devidas a precipitações elevadas, principalmente a nível diário e horário.



**Fig. 4 - Relação entre a precipitação anual e o número de inundações / ano na cidade de Lisboa, entre 1918-19 e 1997-98**

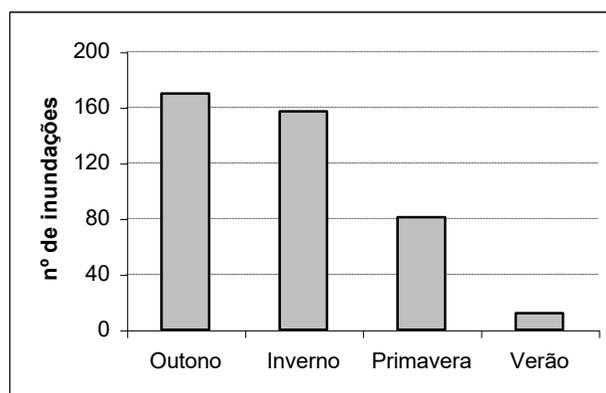
Comparando com os sub-períodos estabelecidos a partir das figuras 2 e 3, nota-se que no sub-período I, o menor número de inundações por ano está relacionado com menores totais anuais de precipitação; no sub-período II, além do forte aumento e da relação entre

o total anual de precipitação e a frequência de inundações, ocorreram também anos de precipitação não muito elevada mas com considerável número de inundações; no sub-período III, pelo contrário, os anos de elevados totais anuais registaram frequências menores de inundações. O principal desvio à tendência acima referida verifica-se, assim, no sub-período III, em que ocorreu uma diminuição nítida do número de inundações por ano, não se tendo verificado essa diminuição nos valores de precipitação anual. Este facto prende-se, como já foi referido, com a melhoria do sistema de águas pluviais/residuais da cidade, no último terço do séc. XX.

## 2.2. Variação intermensal

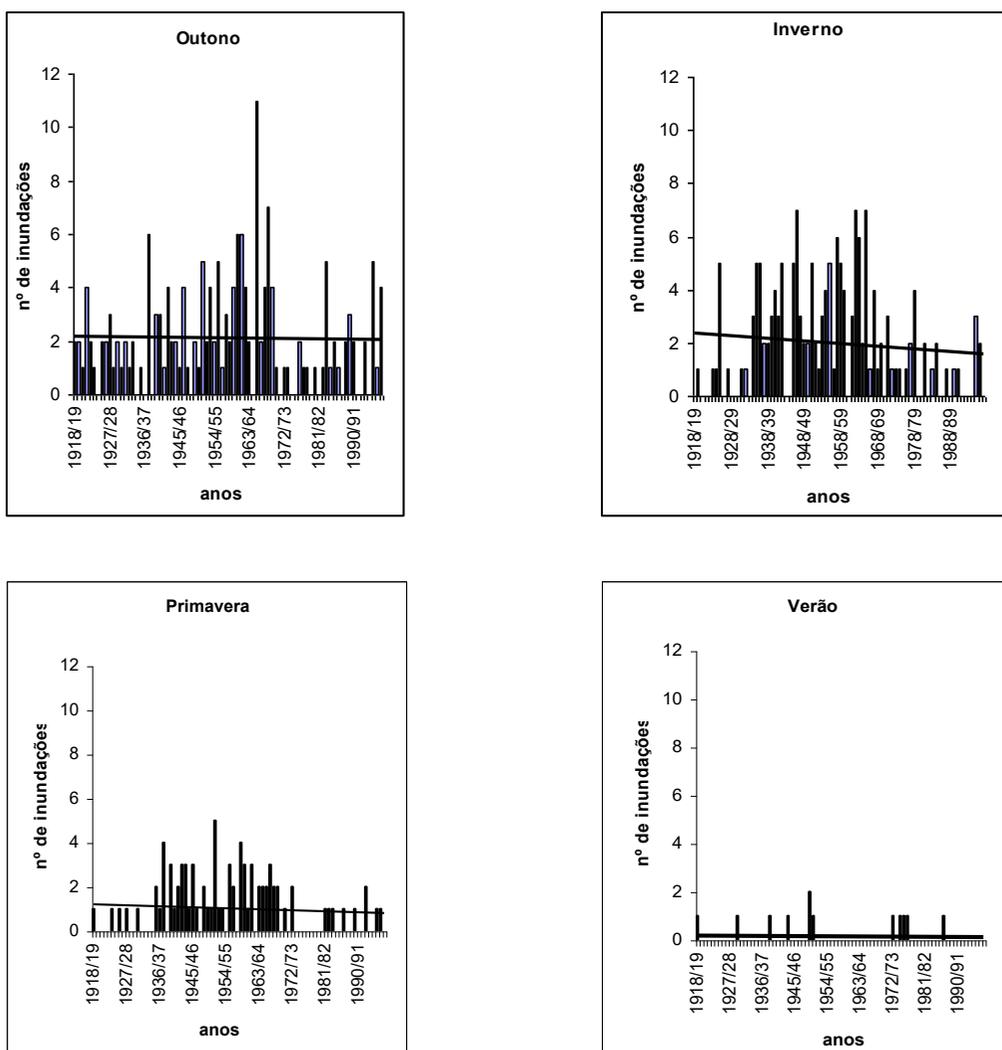
Por comodidade de análise, os períodos adoptados como estação não são coincidentes com as estações do ano convencionais, referindo-se a conjuntos de três meses completos: Outono (Setembro, Outubro, e Novembro); Inverno (Dezembro, Janeiro e Fevereiro); Primavera (Março, Abril e Maio) e Verão (Junho, Julho e Agosto).

A figura 5 revela que o Outono é a estação com maior número de inundações (170), correspondente a cerca de 41% do total, logo seguida do Inverno com cerca de 37% do total. A Primavera situa-se ligeiramente abaixo da metade do valor do Outono e ligeiramente acima da metade do valor do Inverno. No Verão as inundações são raras.



**Fig. 5 - Número de inundações por estação do ano na cidade de Lisboa, entre 1918/19 e 1997/98**

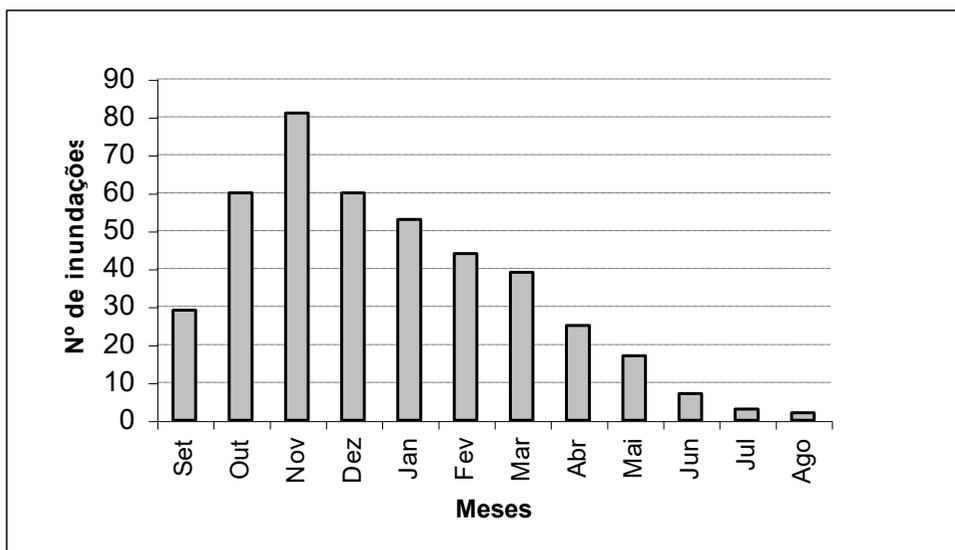
A figura 6 revela um facto que é curioso: enquanto que no Inverno e Primavera se mantém a tendência decrescente de ocorrência de inundações, já detectada para o total anual, no Outono, pelo contrário, essa tendência esbate-se. Para este facto muito contribuíram os anos de 1983/84, 1989/90, 1995/96 a 1997/98, responsáveis pelo recrudescimento das inundações nesta época do ano.



**Fig. 6 - Evolução do número de inundações por estação do ano na cidade de Lisboa, entre 1918/19 e 1997/98**

Observa-se, ainda, que para o Outono, Inverno e Primavera, os sub-períodos definidos na figura 2 continuam a prevalecer: o I e III com baixas frequências e o II com valores elevados. No Verão dada a raridade de inundações, as tendências não são significativas.

Se o Outono é a estação do ano onde se registam mais inundações na cidade de Lisboa, Novembro é o mês de maior perigosidade do fenómeno, pois destaca-se, claramente, dentro do período outonal, com 19% do total dos episódios (Fig. 7 e Quadro 5). Seguem-se-lhes Outubro e Dezembro com 14% cada. A transição entre o Verão e o Outono é feita de forma brusca. De uma frequência quase nula em Agosto, passa-se em Setembro para 7% do total de ocorrências. De Setembro para Outubro, o número de inundações dobra, e deste em relação a Novembro o aumento é cerca de 30%. A partir do mês de Dezembro até ao mês de Agosto a descida é gradual. Os meses de Junho, Julho e Agosto possuem frequências muito baixas, totalizando no seu conjunto cerca de 3% dos episódios.



**Fig. 7 - Número de inundações por mês, na cidade de Lisboa, entre 1918/19 e 1997/98**

Pela análise da figura 8 é possível perceber a evolução da tendência da série de anos em estudo (não estão representados os meses da estação quente – Junho, Julho e Agosto – dado que a ocorrência de inundações é aleatória e pouco significativa). Continua a ser possível detectar os três sub-períodos estabelecidos anteriormente no Quadro 5. O ano

de 1935/36 estabelece a fronteira entre os períodos I e II, e o ano 1970/71 delimita, de forma bem marcada, o início do período III.

**Quadro 5 - Frequências relativas mensais de inundações entre 1918/1919 e 1997/1998**

Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago
6,9	14,2	19,3	14,2	12,6	10,5	9,3	5,9	4,1	1,7	0,7	0,5

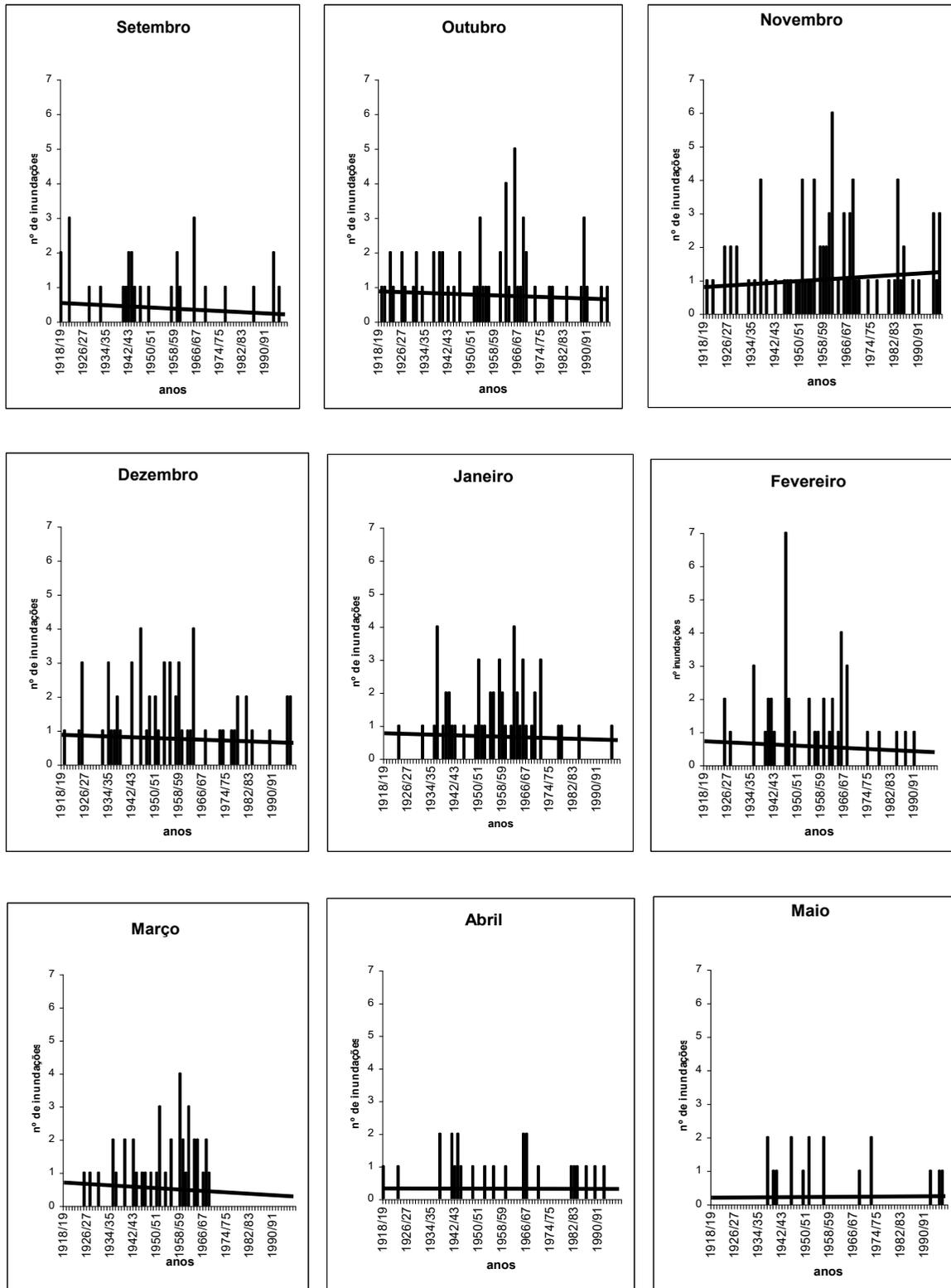
Novembro é o único mês em que existe tendência para o aumento, embora tenha sido na década de 60 que o número de episódios foi maior.

Nos meses de Abril e Maio, a tendência é para uma estabilização. Em Abril, praticamente não se registam inundações na década de 70. Em Maio, após 19 anos sem episódios de inundações (entre 1973/4 e 1991/92), ocorreram três, na década de 90.

Nos restantes meses (Setembro, Outubro, Dezembro, Janeiro, Fevereiro e Março), a tendência foi para uma evolução negativa. De salientar que, no mês de Março, a partir de 1969/70, deixaram de ocorrer inundações (até ao fim do período em estudo – 1998).

Esta ausência de inundações poderá estar relacionada com a diminuição dos valores mensais da precipitação a partir da década de 70. Segundo Antunes e Pires (1998) “numa avaliação separada das quatro estações do ano verifica-se que o maior decréscimo da quantidade de precipitação ocorre na Primavera, e em particular no mês de Março, no qual o decréscimo é altamente significativo. Por exemplo, em Lisboa - Geofísico, a diminuição observada na quantidade de precipitação no mês de Março, de cerca de - 0,3% por ano, teria uma probabilidade de ocorrência inferior a 1 em 100, se não existisse alteração climática” (ob. cit. pág, “Alterações do clima de Portugal. Precipitação”, Fig. 9).

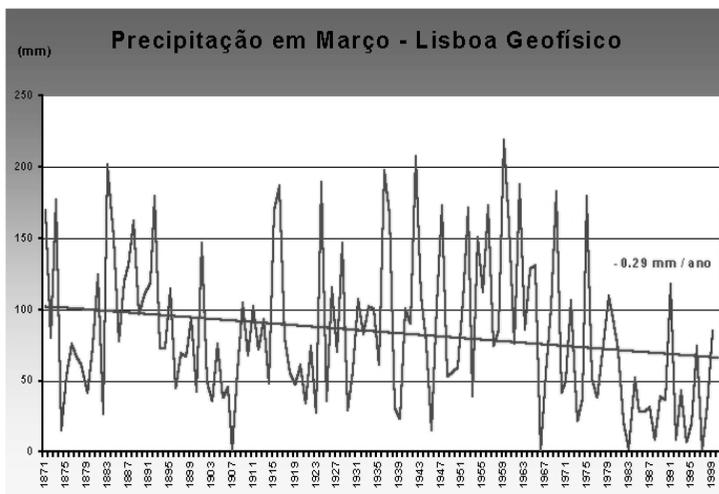
Contudo, dos 80 anos estudados, a relação entre as tendências de evolução do número de inundações mensais e da precipitação mensal é, na maior parte dos casos, contrária, à excepção do mencionado mês de Março e de Setembro (em que ambos diminuíram) e de Novembro (em que ambos aumentaram).



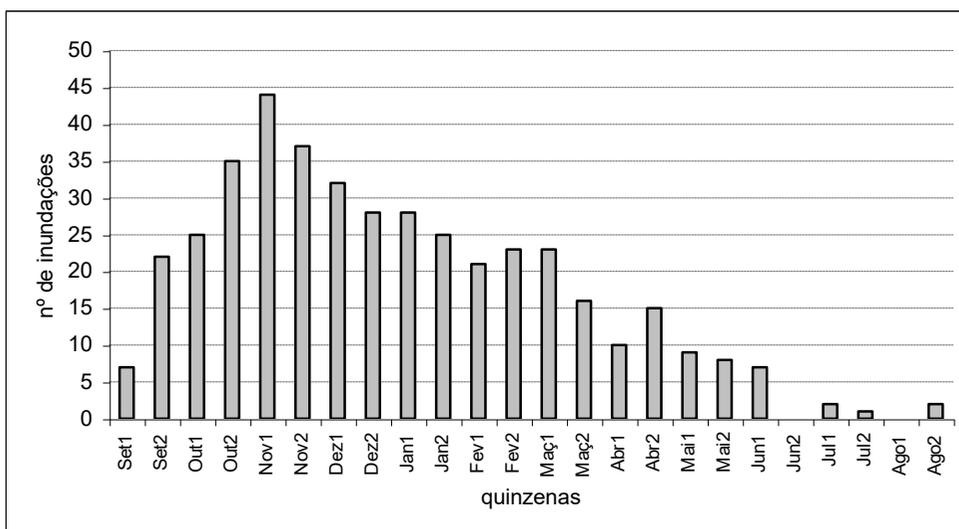
**Fig. 8 - Evolução do total de inundações por mês na cidade de Lisboa (1918/19 – 1997/98)**

## 2.3. Variação quinzenal

A observação cuidada da data de ocorrência de inundações mostrou que esta análise deveria descer ao nível da quinzena, por serem facilmente perceptíveis grandes diferenças entre algumas delas. A figura 10 destaca a liderança da primeira quinzena de Novembro com valores muito superiores às quinzenas anterior e posterior.



**Fig. 9 - Evolução da precipitação, durante o mês de Março, de 1871 a 1999, em Lisboa (Antunes e Pires, 1998)**



**Fig. 10 - Total de inundações por quinzena na cidade de Lisboa (1918/19-1997/98)**

Os valores aumentam claramente a partir da primeira quinzena de Setembro, até à primeira de Novembro, descendo posteriormente de uma forma gradual e algo irregular até à primeira quinzena de Junho, (exceptuam-se a segunda quinzena de Fevereiro e a primeira de Abril). Entre a segunda quinzena de Junho e a segunda de Agosto, as ocorrências são insignificantes. O salto brusco das inundações, depois do período estival, dá-se entre a primeira e a segunda quinzena de Setembro, ou seja, de 7 para 22 ocorrências, no período em estudo. Num artigo publicado no *Diário de Notícias* no dia 22 de Setembro de 1932, sobre uma inundação ocorrida na véspera, Cerilo Soares, director de uma das secções do Observatório da Escola Politécnica, forneceu a seguinte informação: «Há muito tempo não caía uma chuvada tão grande e tão continuada como esta! Em todo o caso não nos deve causar surpresa, porque quase todos os anos, a segunda quinzena de Setembro traz esta novidade...».

Destaca-se ainda a subida para o dobro, entre a frequência da segunda quinzena de Setembro (5,2%) e a primeira de Novembro (10,5 %). Nesta última, a frequência de ocorrência foi de 5,5 inundações em cada 10 anos, ou seja, em cada dois anos ocorreu uma inundação.

Sintetizando, detectam-se ao longo do ano quatro situações distintas em termos de frequência de ocorrência (Quadro 6).

**Quadro 6 - Total de inundações por quinzena, entre 1918/19 e 1997/98**

Quinzenas	Total de inundações	N.º médio de inundações por quinzena	Nº médio de inundações por quinzena em cada dez anos
Out2 a Dez1	148	37	4 a 5,5
Set2 a Out1 e Dez2 a Mar1	194	24	2,6 a 3,5
Set1 e Mar2 a Jun1	72	10	0,9 a 2
Jun2 a Ago2	5	0,1	0 a 0,3

O quadro elucida bem a grande concentração de acontecimentos, 35% do total nas quatro quinzenas compreendidas entre a segunda de Outubro (Out2) e a primeira de Dezembro (Dez1), em média, 4 a 5 inundações por quinzena, em cada 10 anos. Os valores do segundo conjunto (início do Outono – Set2 e Out1 e Inverno – Dez2 a Mai1), apesar de inferiores, são elevados (em média, 3 por quinzena, em cada 10 anos), donde se pode concluir que o fenómeno ocorre muito frequentemente entre a segunda quinzena de Setembro e a primeira de Março.

Se considerarmos a totalidade do período em análise (1918/19 – 1997/98), nota-se que a tendência de diminuição do número de inundações ocorre na maioria das quinzenas, verificando-se um aumento apenas em quatro, e de manutenção em cinco (Quadro 7):

**Quadro 7 – Tendência evolutiva do total de inundações por quinzena entre 1918/19 e 1997/98**

Set	Set	Out	Out	Nov	Nov	Dez	Dez	Jan	Jan	Fev	Fev	Maç	Maç	Abr	Abr	Mai	Mai
1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
+	-	=	-	+	=	-	+	=	-	-	-	-	-	=	=	-	+

A análise da sequência destes valores destaca a sucessão de cinco quinzenas, da segunda de Janeiro à segunda de Março, em que se registou uma tendência para a diminuição. Existem ainda três quinzenas isoladas em que a tendência foi para o aumento, primeira de Setembro, primeira de Novembro, segunda de Dezembro e segunda de Maio.

### **3. CARACTERIZAÇÃO DAS CHUVADAS DESENCADEANTES DAS INUNDAÇÕES**

Na maioria dos trabalhos sobre inundações são utilizados parâmetros reveladores da magnitude das chuvadas. A título de exemplo, num estudo de hidrologia urbana sobre a Bacia das Antas na cidade do Porto (LNEC, 1986) foram calculados e listados os seguintes parâmetros pluviométricos: duração total (em minutos); volume total (expresso em altura de água sobre a bacia em mm); intensidade média (mm/h); intensidade máxima (mm/h); tempo decorrido desde o início até ao pico (em minutos); tempo seco

precedente (tempo decorrido desde o fim do evento imediatamente anterior em dias). Deste conjunto, efectuou-se uma selecção com base num critério de volume total e intensidade máxima. Foram então seleccionadas as chuvadas em que se verificou pelo menos uma das seguintes condições: volume total do evento igual ou superior a 10 mm e intensidade máxima superior a 15mm/h.

Também, em *University of Reading (2002)* se refere que os factores mais importantes, quando se considera a maioria das inundações, são a intensidade da chuva e a duração da chuvada. Variações nestes factores podem determinar a magnitude da inundaçãõ.

### 3.1. Parâmetros pluviométricos estudados

Neste trabalho, as chuvadas que estão na origem das inundações serão caracterizadas por quatro parâmetros distintos (duração da chuvada, valor total da chuvada, hora de ocorrência e precipitação máxima horária), definidos a partir do valor da precipitação ocorrida em cada hora específica (0 -1 h, 1 -2h, ... , 23 -24h), referente ao período exacto em que o episódio ocorreu. Estes dados, registados nos Anais do IGIDL, apenas começam a ser publicados a partir de 1930 (inclusivé), pelo que foi reduzido, neste ponto deste capítulo, o período total em estudo (estabelecido no capítulo II com 80 anos), para 68 anos. Assim, para o estudo das precipitações, foi utilizado o período compreendido entre 1930/31 e 1997/98, em que ocorreram 383 inundações na cidade de Lisboa, repartidas por 381 dias. Apesar de mais curto, o período 1930/31 – 1997/98 abrange a grande maioria das inundações (91% do total), bem como os três sub-períodos detectados no capítulo II, relativamente à sua variação interanual.

A pesquisa bibliográfica e a leitura dos jornais destacam normalmente, mas nem sempre, três características da precipitação que origina as inundações: total, intensidade e duração. Esta informação, confrontada com os valores de precipitação registados nos Anais do IGIDL, hora a hora, permitiu detectar, para cada episódio, cinco parâmetros referentes à precipitação:

**Valor total da chuvada e precipitação ocorrida em cada uma das horas específicas da chuvada** - o valor total da chuvada corresponde à precipitação total do episódio, que se obteve somando a água precipitada em todas as horas específicas, com um valor igual ou superior a 1 litro/m<sup>2</sup>/hora. Os períodos de uma hora em que se registaram valores de

precipitação inferiores a  $1 \text{ l/m}^2$ , não foram tidos em conta, visto tratarem-se apenas de vestígios, que pouco contribuem para o excesso de água necessário à ocorrência do fenómeno em estudo.

Apesar da importante contribuição da intensidade da precipitação para o excesso de água que dá origem à inundação, a precipitação que antecede ou ocorre posteriormente à intensidade máxima, deve ser tida em conta, pois contribui também para o volume total de água que dá origem à inundação.

**Duração da chuvada** – somatório do número de períodos de uma hora seguidos, com precipitação igual ou superior a  $1 \text{ l/m}^2$ . A existência de um período de uma hora com precipitação inferior ao valor estabelecido revela que houve uma quebra no fornecimento de água, não sendo por isso, tido em conta.

Como já se referiu, muitas inundações que ocorreram em Lisboa foram devidas a chuvadas inferiores a 60 minutos. Nalgumas delas bastaram 15 minutos de precipitação, e até menos, para dar origem a inundações de uma certa magnitude. No entanto, 1 hora foi a unidade temporal disponível para a medição deste parâmetro e os resultados são satisfatórios.

Nos casos em que existiram inundações com origem em chuvadas que se iniciaram antes e terminaram após a meia-noite, adoptou-se o período horário resultante do somatório de horas seguidas, independentemente da mudança de data.

**Precipitação máxima horária** - máximo precipitado numa hora específica durante a chuvada que deu origem à inundação. Refira-se que, nalguns casos, a precipitação máxima horária do dia em que ocorreu a inundação, não foi a responsável por esta. Na origem destas ocorrências estão outras precipitações intensas registadas nesse dia, juntamente com o valor total da chuvada e respectiva duração.

Salienta-se que a precipitação máxima horária não se refere à intensidade máxima horária, frequentemente utilizada em estudos deste âmbito. Apesar de muitas inundações terem ocorrido após chuvadas de duração inferior a uma hora, as intensidades das precipitações, para os habituais períodos de tempo, não foram utilizadas no presente trabalho, devido ao facto de muitas inundações terem tido origem em precipitações não consideradas intensas. A sua utilização teria sido de grande utilidade, por permitir descer ao nível dos 30, 15, 10 e 5 minutos.

**Hora da ocorrência** – refere-se à hora exacta em que tem início a precipitação máxima horária, que dá origem ao episódio. Por questões relacionadas com o tratamento estatístico, nos casos em que a hora de ocorrência se verificou à meia-noite, surge representado por 24.

Num estudo sobre cheias e inundações no Levante Espanhol (Capel Molina, 1989), utilizou o parâmetro “percentagem da precipitação do dia em que ocorreu o episódio de cheia, relativamente ao total anual”. Naquela região, as grandes chuvadas que chegam a registar algumas centenas de litros por metro quadrado/dia, elevam este parâmetro frequentemente a valores superiores a 50% do total anual.

No presente trabalho também foi calculado para todas as chuvadas que originaram inundações em Lisboa, tendo-se verificado que raramente ultrapassaram os 10 % do total anual, rondando os 5% ou menos, na maior parte dos casos, o que levou à não utilização deste parâmetro. Estas fracas percentagens revelam que, em ambientes urbanos, onde o solo está impermeabilizado na sua quase totalidade, não é necessária uma precipitação tão elevada, como nas bacias peri-urbanas, para que se registre uma inundação, dado que os tempos de resposta das bacias de drenagem urbanas são muito mais rápidas e o escoamento superficial produzido, por unidade de superfície, é maior. Além das alterações introduzidas pela malha urbana, onde a impermeabilização é o factor fundamental, há ainda a considerar que as bacias de drenagem lisboetas possuem áreas muito inferiores às daquela região espanhola.

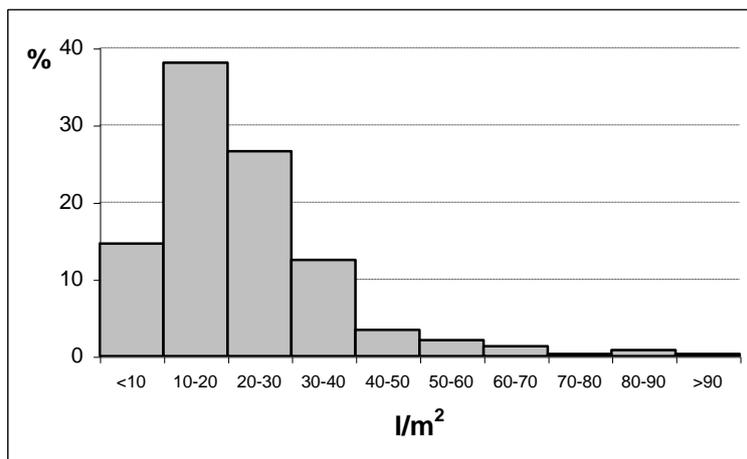
### **3.2. Variação interanual**

#### **a) VALOR TOTAL DA CHUVADA**

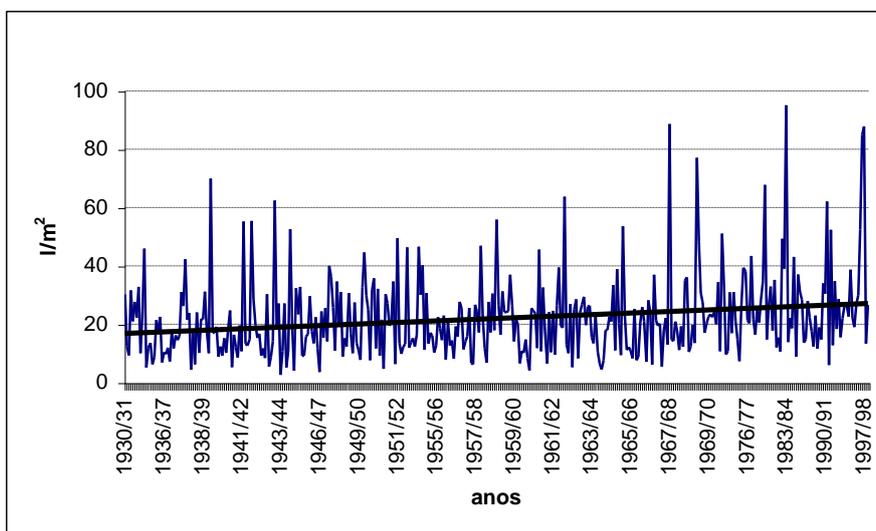
O histograma de frequências relativas (Fig. 11) destaca em primeiro lugar que, na maior parte das ocorrências (cerca de 92%), o valor total da chuvada foi inferior a 40 l/m<sup>2</sup>. Mais de três quartos das inundações (77%) foram provocadas por chuvadas que atingiram entre 10 e 40 l/m<sup>2</sup>, ou seja, 1 a 6% da precipitação média anual. A classe entre 10 e 20 l/m<sup>2</sup> regista por si só, cerca de um terço (38%) dos episódios.

Relativamente aos valores totais mais elevados (60 l/m<sup>2</sup>, Fig. 12) é de salientar que é a partir da década de 60 que estes valores se tornam mais frequentes. O recorde da

série foi de 95,1 l/m<sup>2</sup> e ocorreu na madrugada de 19 de Novembro de 1983, durante 12 horas. Já nos anos 90 ocorreram dois episódios com valores muito elevados: 18 de Outubro e 2 de Novembro de 1997, respectivamente com 84,9 l/m<sup>2</sup> em 5 horas e 87,8 l/m<sup>2</sup> em 8 horas. No sub-período III, ou seja a partir dos anos 70, é curioso verificar que a chuva ocorrida nos vários episódios é quase sempre superior a 10 l/m<sup>2</sup>, deixando praticamente de ocorrer as chuvadas de valor inferior.



**Fig. 11 – Frequência dos valores totais das chuvadas que originaram inundações na cidade de Lisboa (1930/31-1997/98)**

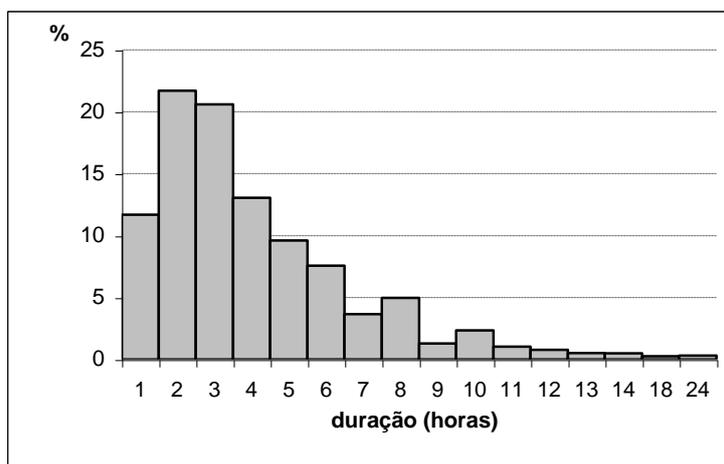


**Fig. 12 – Valor total das chuvadas que originaram inundações na cidade de Lisboa (1930/31-1997/98)**

A recta de tendência confirma que, entre 1930/31-1997/98, houve um incremento do valor total da chuvadas em cerca de 5 l/m<sup>2</sup>. Embora menos frequentes, os episódios de inundação registam valores totais da chuvada mais elevados. A necessidade de uma maior quantidade de precipitação para que se registre um episódio de inundação na cidade, pode ser eventualmente devido à melhoria do sistema de águas pluviais/residuais.

#### b) DURAÇÃO DA CHUVADA

A análise da figura 13 revela que a grande maioria dos episódios de inundação, cerca de 84% (324 ocorrências), tiveram origem em chuvadas de duração inferior ou igual a 6 horas.



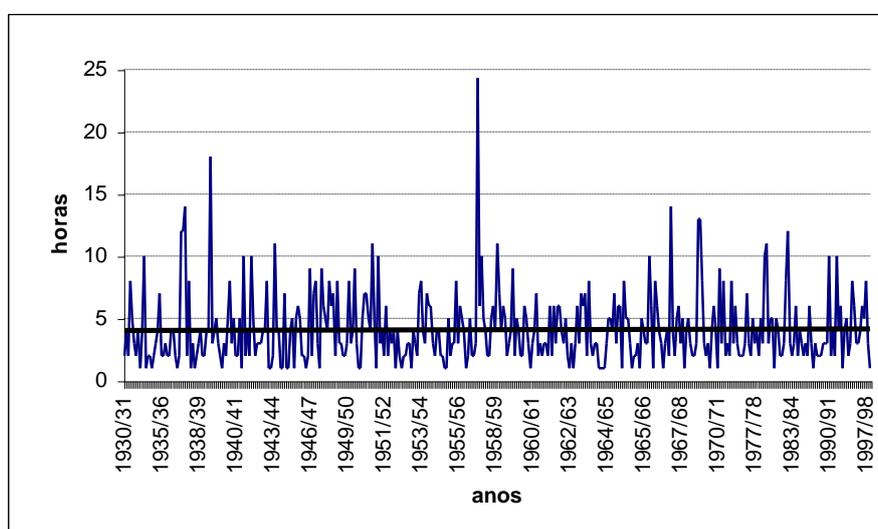
**Fig. 13 – Frequência da duração das chuvadas que originaram inundações na cidade de Lisboa (1930/31-1997/98)**

As chuvadas duraram 2 e 3 horas em quase metade das ocorrências (cerca de 43%), tendo-se registado 84 episódios (cerca de 22%) com 2 horas de duração e 79 (cerca de 21%) com 3 horas.

A quase totalidade dos episódios com duração superior a 10 horas ocorreu anteriormente à década de 70 (Fig. 14). Os dois máximos registados (24 horas e 18 horas de duração) ocorreram, respectivamente, a 1 de Janeiro de 1958 e a 2 de Janeiro de 1940.

As chuvadas com duração superior a 5 horas e inferiores a 10, são também mais frequentes até ao fim dos anos 60, bem como as de curta duração, com 2 e principalmente com uma 1 hora.

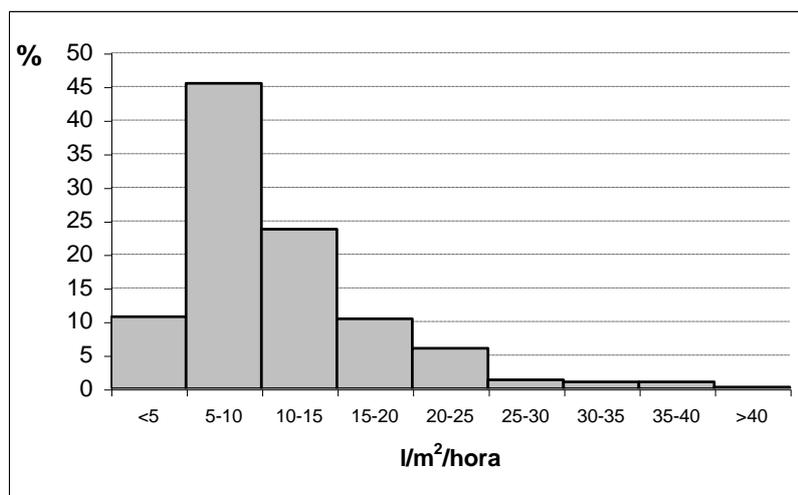
A recta de tendência (Fig. 14) mostra uma estabilização na evolução da duração das chuvadas. Para isto deve contribuir o facto da média entre as grandes e curtas durações ocorridas até ao final da década de 60, ser semelhante à média entre durações não muito curtas e não muito extensas a partir de 70. O sub-período III destaca-se, não só pelo facto de apenas terem ocorrido dois episódios com uma duração superior a 10 horas, mas também por terem ocorrido apenas 5 episódios com uma hora de duração.



**Fig. 14 – Duração das chuvadas que originaram inundações na cidade de Lisboa (1930/31-1997/98)**

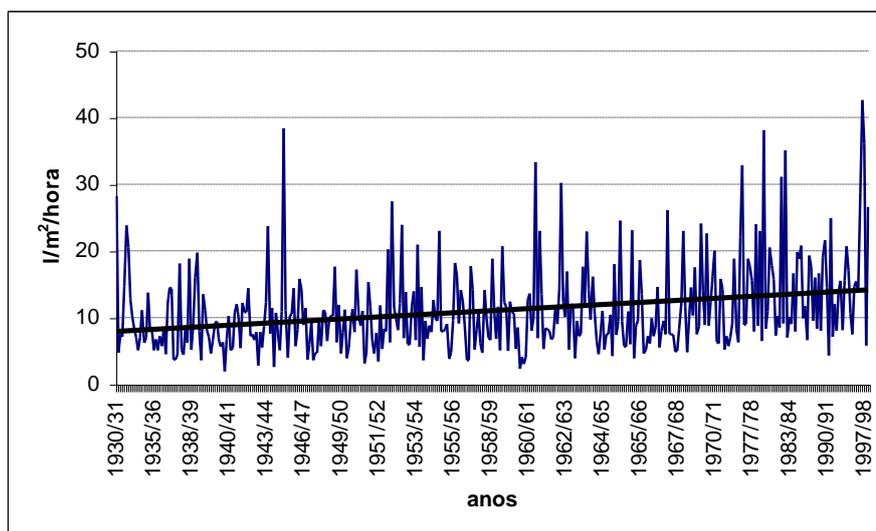
### c) PRECIPITAÇÃO MÁXIMA HORÁRIA

A figura 15 revela que, em quase metade das inundações (cerca de 45%), a precipitação máxima horária variou os 5 e 10 l/m<sup>2</sup> e que cerca de 2/3 das ocorrências (69%) registaram um valor entre 5 e 15 l/m<sup>2</sup>. Os valores inferiores a 5 l/m<sup>2</sup> registaram-se apenas em cerca de 10% dos episódios. Apenas em cerca de 20% das inundações foi registado um valor de precipitação máxima horária superior a 15 l/m<sup>2</sup>. As ocorrências com valores superiores a 25 l/m<sup>2</sup> possuem frequências muito reduzidas (4% do total).



**Fig. 15 – Frequência das precipitações máximas horárias das chuvadas que originaram inundações na cidade de Lisboa (1930/31-1997/98)**

A análise da figura 16 revela um incremento das precipitações máximas horárias a partir dos anos 50. Destacam-se as precipitações ocorridas nos anos de 1979 e 1983 e, no final na década de 90, década em que ocorreu o valor máximo da série, 42,6 l/m<sup>2</sup>, no dia 18 Outubro de 1997.



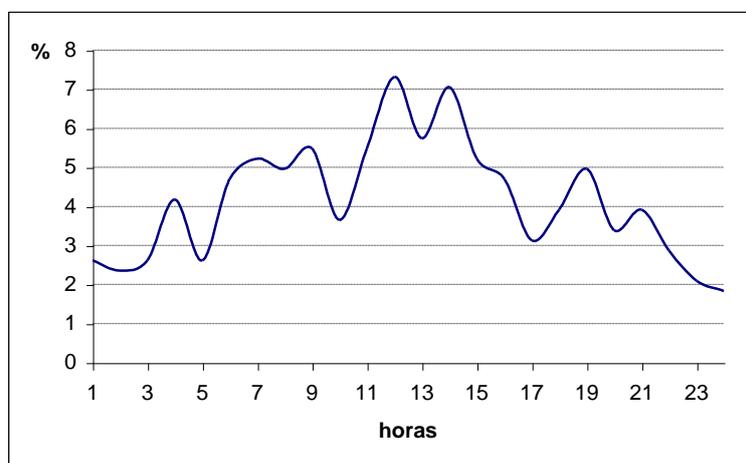
**Fig. 16 - Precipitação máxima horária das chuvadas que originaram inundações na cidade de Lisboa (1930/31-1997/98)**

Também de destacar a fraca precipitação máxima horária ( $1,9 \text{ l/m}^2$ ) ocorrida na chuvada causada pela passagem do, então denominado, “ciclone” no dia 15 de Fevereiro de 1941, que deu efectivamente origem a inundações. Para este facto contribuíram também a coincidência entre a preia-mar e a chuvada, agravada pelo vento forte, o que fez com que toda a Frente Ribeirinha ficasse inundada, chegando a água a atingir em alguns pontos do Terreiro do Paço uma altura considerável.

No sub-período III, em que se verificou uma diminuição no número de inundações, a maioria das ocorrências registaram valores superiores a  $10 \text{ l/m}^2/\text{hora}$ , deixando praticamente de ocorrer episódios com valores inferiores. Este facto pode revelar a necessidade de uma maior intensidade de precipitação para que um episódio de inundação ocorra.

#### d) HORA DE OCORRÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO MÁXIMA HORÁRIA

As precipitações máximas horárias relativas aos episódios de inundação ocorrem com maior frequência, principalmente entre as 6 e as 19 horas (cerca de 72%), atingindo o máximo de frequência (20%) entre as 12 e 14 horas (Fig. 17).

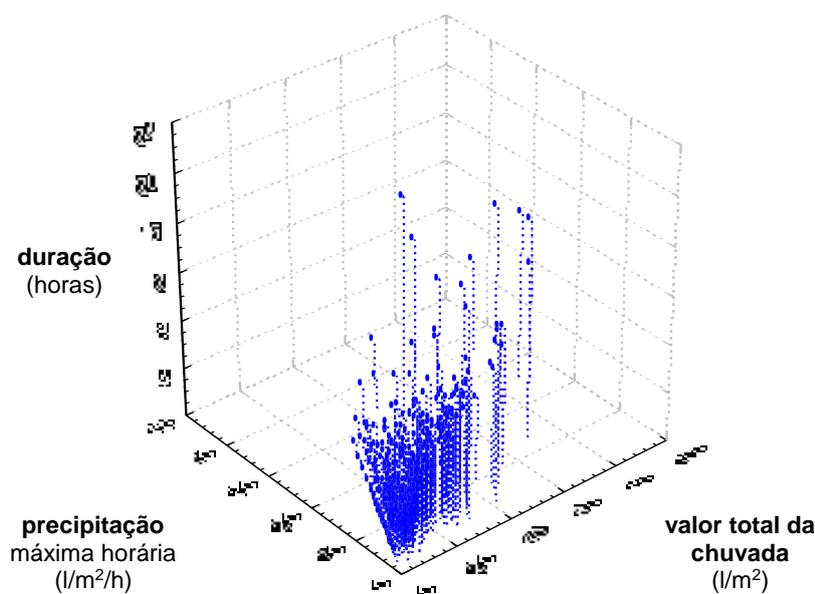


**Fig. 17 - Hora de ocorrência das precipitações máximas horárias relacionadas com as inundações na cidade de Lisboa (1930/31-1997/98)**

É de salientar que a maioria das precipitações devidas às gotas de ar frio, ocorre entre as 12 e as 18 horas (51%), atingindo um único pico às 14 horas (11%).

#### e) RELAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS PLUVIOMÉTRICOS

Existem episódios em que o valor total está mais relacionado com a duração, e outros em que o valor total está mais relacionado com a precipitação máxima horária, podendo eventualmente nos casos mais graves, coincidir os três parâmetros. Assim a partir da figura 18, seleccionaram-se os episódios em que se registaram os valores mais elevados dos três parâmetros pluviométricos, a saber: valor total da chuvada superior a  $50 \text{ l/m}^2$ , duração superior a 4 horas e precipitação máxima horária superior a  $15 \text{ l/m}^2/\text{h}$ . Destaca-se o facto de três dos episódios terem ocorrido em 1997, último ano do período em estudo.



**Fig. 18 – Relação entre o valor total da chuvada ( $>50 \text{ l/m}^2$ ), duração da chuvada ( $>4\text{h}$ ) e precipitação máxima horária ( $>15 \text{ l/m}^2$ )**

Foram doze os episódios em que estes valores elevados dos três parâmetros coincidiram (Quadro 8). Como se pode verificar, a precipitação máxima horária representa entre pouco menos de um quarto (23%) a pouco mais de metade (56%) do valor total da chuvada. É de destacar a recente inundação de 18 de Outubro de 1997, em que, ao longo de 5 horas, caíram  $84,9 \text{ l/m}^2$ , 50% dos quais ( $42,6 \text{ l/m}^2$ ) em apenas

uma hora (maior precipitação média horária e maior precipitação máxima horária dos 12 episódios).

**Quadro 8 – Inundações com origem em precipitações de grande magnitude na cidade de Lisboa**

Data da ocorrência	Valor Total (l/m <sup>2</sup> )	Duração (h)	P. Máx. Horária (l/m <sup>2</sup> /h)	P. Máx. Horária em relação ao valor total (%)	Precipitação média horária (l/m <sup>2</sup> )
23/09/1943	62,4	11	23,7	38	5,7
22/01/1959	55,8	11	18,8	32	5,3
10/10/1962	63,7	5	30,2	47	12,7
14/10/1965	53,6	8	24,5	46	6,7
25/11/1967	88,6	14	26,1	29	6,3
09/01/1969	77,0	13	17,5	23	5,9
31/01/1972	51,0	8	15,8	31	6,4
10/02/1979	67,8	11	38,1	56	6,2
19/11/1983	95,1	12	35,1	37	7,9
18/05/1997	52,5	6	28,8	55	8,8
18/10/1997	84,9	5	42,6	50	17,0
02/11/1997	87,8	8	36,1	41	11,0

Como os parâmetros pluviométricos analisados se referem apenas ao período 1930/31-1997/98, dar-se-á, de seguida, especial atenção aos sub-períodos II e III estabelecidos anteriormente.

Se se relacionar a evolução dos três parâmetros pluviométricos com a evolução do número de inundações ao longo período, verifica-se que, nos anos que antecedem a década de 70, com grande frequência de inundações, os episódios ocorridos registaram menores valores de precipitação máxima horária (Fig. 16) e de valor total da chuvada (Fig. 12) e uma forte oscilação no tempo de duração das chuvadas (Fig. 14).

As chuvadas que estão na origem do menor número de episódios de inundações ocorridos após 1970, registaram quantidades mais elevadas de precipitação máxima horária e de valor total da chuvada e ocorreram em períodos de média duração, se bem que, na década de 90 (fim do sub-período III), as durações tenham aumentado, registando quantitativos semelhantes aos dos anos 60.

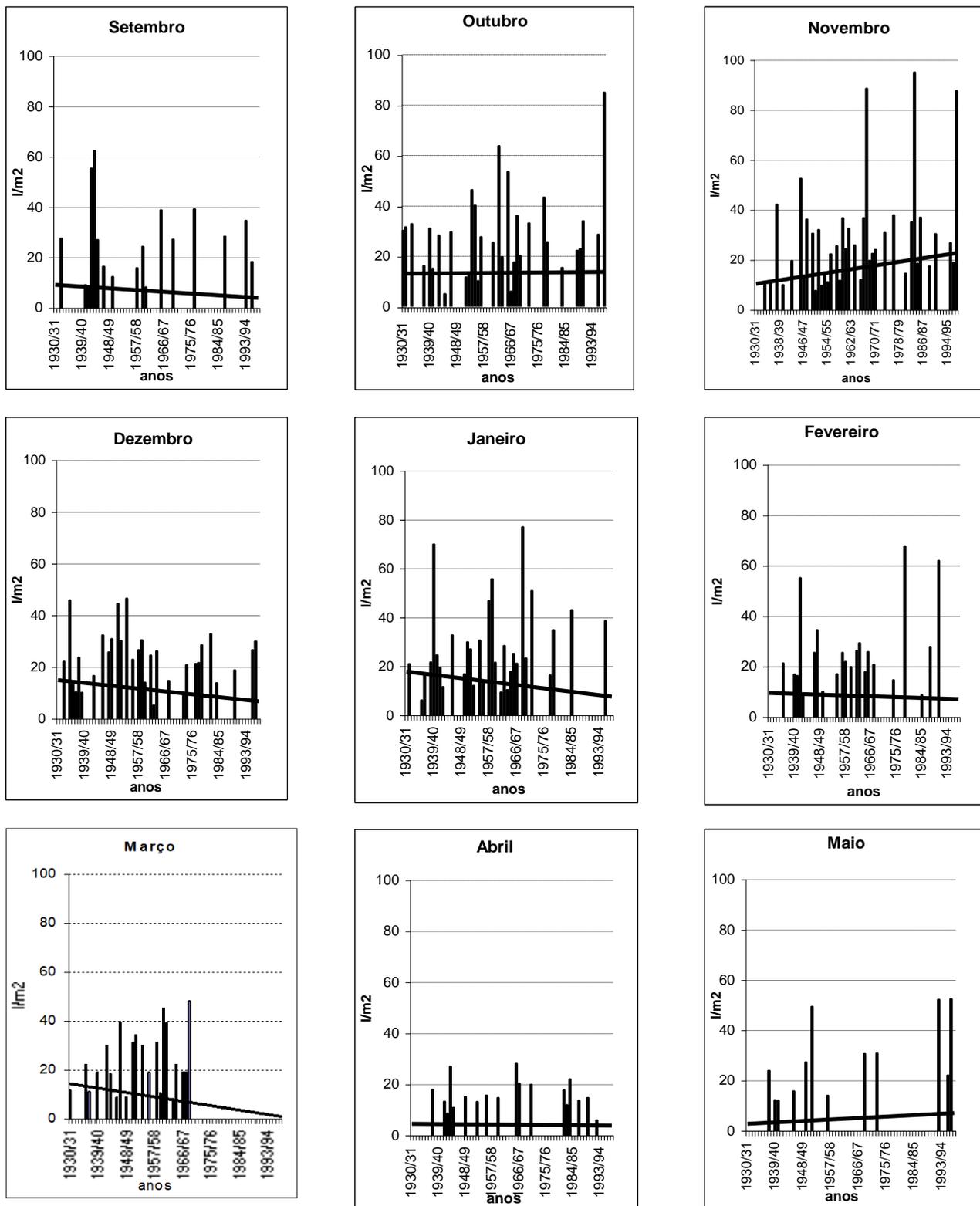
Verificou-se assim que, de um modo geral, no sub-período mais recente (pós-1970) para que ocorram inundações na cidade de Lisboa, são necessárias chuvadas de valores totais mais elevados e de maior intensidade. Este facto indica como já foi referido, a nítida melhoria do sistema de águas pluviais da cidade.

Num estudo mais aprofundado, deveriam analisar-se os parâmetros pluviométricos estabelecidos relativamente a todas as chuvadas, e não apenas às que deram origem a inundações, a fim de se poderem estabelecer eventuais limiares, entre quantidades que podem e as que não podem dar origem a inundações. A intensidade horária deverá ser tida em conta para períodos de tempo inferiores a uma hora, a fim de revelar o que acontece em episódios de curta duração, apesar de termos constatado que, a partir da década de 70, as curtas durações são pouco frequentes. Outro aspecto a ter em conta é o espacial: as características dos locais onde ocorrem inundações e as transformações neles operadas ao longo do tempo, as quais serão, em parte, estudadas nos capítulos seguintes.

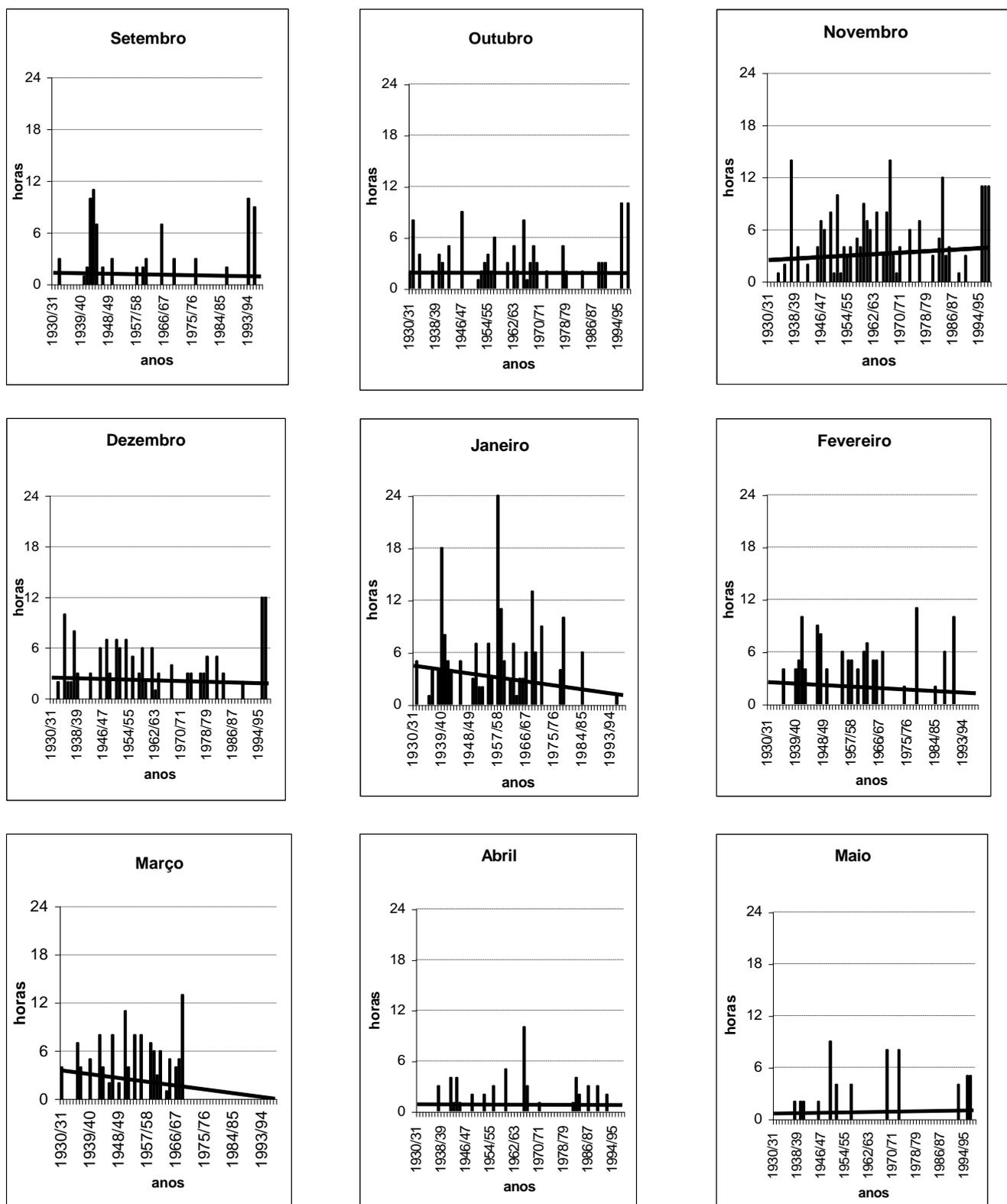
### **3.3. Variação intermensal e quinzenal dos parâmetros pluviométricos**

Os gráficos das figuras 19, 20 e 21 representam a evolução mensal dos três parâmetros pluviométricos entre 1930/31 e 1997/98, cuja elaboração obedeceu aos seguintes critérios: nos meses em que ocorreu apenas uma inundações, adoptou-se o valor do parâmetro registado nesse episódio; nos meses em que ocorreu mais do que um episódio, adoptou-se o valor mais elevado. Uma barra representa, assim, uma única ocorrência por mês. As rectas sobrepostas aos gráficos permitem observar a respectiva tendência evolutiva.

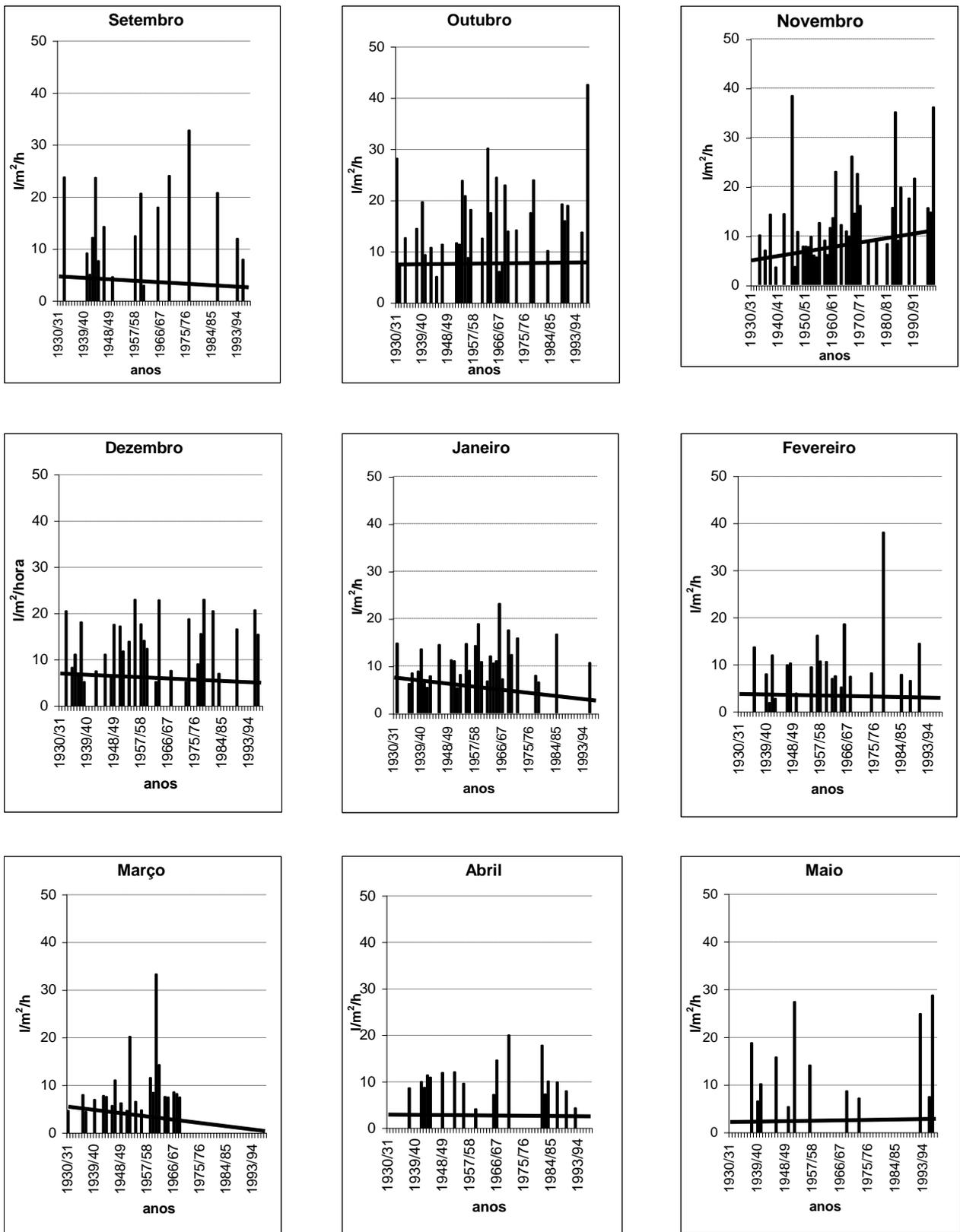
A figura 19 mostra que os valores totais das chuvadas mais elevados ( $>60 \text{ l/m}^2$ ) ocorreram preferencialmente no Outono (60% do total), não se tendo registado na Primavera. Destes, os valores máximos (acima de  $80 \text{ l/m}^2$ ) só ocorreram em Novembro (por 3 vezes) e em Outubro (1 vez). Estes dois meses, juntamente com Maio, são aqueles em que há uma tendência do aumento deste parâmetro ao longo do período em análise.



**Fig. 19 – Evolução mensal do valor total das chuvas que originaram inundações na cidade de Lisboa (1930/31-97/98)**



**Fig. 20 – Evolução mensal da duração das chuvadas que originam inundações na cidade de Lisboa (1930/31-97/98)**



**Fig. 21 – Evolução mensal da precipitação máxima horária das chuvas que originam inundações na cidade de Lisboa (1930/31-97/98)**

Pelo contrário os valores mais elevados (>6 horas) referentes a duração total da chuvada (Fig. 20) mostram um maior equilíbrio entre o Outono e o Inverno destacando-se os meses de Novembro e Janeiro que em conjunto representam mais de um terço das chuvadas com duração maior a 6 horas. Mas, enquanto Novembro regista uma tendência de aumento deste parâmetro, Janeiro mostra uma clara tendência de diminuição.

Relativamente aos valores mais elevados (>20 l/m<sup>2</sup>/h) da precipitação máxima horária (Fig. 21), o Outono volta a destacar-se com 62% do total, registando os meses de Outubro e Novembro uma tendência para o aumento deste parâmetro pluviométrico. Em síntese, as chuvadas com maior duração ocorrem mais frequentemente no Outono – Inverno, enquanto os valores totais e precipitações máximas horárias mais elevadas ocorrem, sobretudo nos meses de Outono.

O quadro 9 foi construído com base nas rectas de tendência dos três parâmetros pluviométricos. Para cada parâmetro apenas se indica se a tendência foi para um aumento ( + ), para manutenção ( = ), ou para uma diminuição ( - ). Ao quadro foram ainda associadas, a tendência de evolução mensal do total de inundações, bem como a tendência da precipitação mensal para o período 1930/31-1997/98.

**Quadro 9 – Tendência mensal de evolução do total de inundações e parâmetros pluviométricos na cidade de Lisboa, entre 1930/31 e 1997/98**

Meses	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai
<b>Total Inundações</b>	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<b>Valor total da chuvada</b>	-	+	+	-	-	-	-	=	+
<b>Duração da chuvada</b>	-	=	+	-	-	-	-	=	+
<b>Precipitação máxima horária</b>	-	+	+	-	-	-	-	=	+
<b>Precipitação média mensal</b>	-	+	+	+	=	+	-	+	+

A tendência de evolução mensal do total de inundações alterou-se relativamente ao detectado no ponto 2. Nos meses de Abril e Maio, verifica-se agora uma tendência para a diminuição do total de inundações, por se tratar de um período mais curto em que a maioria dos anos relativos ao sub-período I (de fraca frequência de ocorrência de inundações) não foram considerados. Nos restantes meses mantêm-se as tendências já verificadas anteriormente.

Da análise do quadro 9 constata-se que a tendência mensal registada para as variáveis pluviométricas é a mesma verificada para o total de inundações, à excepção de Outubro, Abril e Maio.

No início do Outono (Setembro e Outubro) e nos quatro meses mais invernosos de Dezembro a Março, o menor número de inundações que vêm ocorrendo ao longo do período em estudo, corresponde a uma diminuição dos valores dos três parâmetros pluviométricos. No mês de Novembro, o maior número de inundações que vêm ocorrendo, deve-se ao aumento dos quantitativos dos três parâmetros pluviométricos. O mês de Abril manifesta tendência para a diminuição do total de inundações e de uma manutenção dos respectivos parâmetros pluviométricos. No mês de Maio, a diminuição do número de inundações é correlativa do aumento dos respectivos parâmetros pluviométricos.

Na tentativa de aprofundar as relações entre as tendências de evolução do total de inundações e dos respectivos parâmetros pluviométricos foram elaborados gráficos para todas as quinzenas, tendo sido adoptado um procedimento semelhante ao utilizado na análise mensal: nas quinzenas em que ocorreu apenas uma inundações, adoptou-se o valor do parâmetro registado nesse episódio, nas quinzenas em que ocorreu mais do que um episódio, adoptou-se o valor mais elevado. Foram também elaborados gráficos, para o período 1930/31-1997/98, de evolução quinzenal do total de inundações e respectivas rectas de tendência, tendo estas sofrido ligeiras alterações relativamente às apresentadas no ponto 2. O quadro 10, sintetiza os resultados da análise quinzenal.

**Quadro 10 - Tendência quinzenal de evolução do total de inundações e dos parâmetros pluviométricos na cidade de Lisboa, entre 1930/31 e 1997/98**

	Set 1	Set 2	Out 1	Out 2	Nov 1	Nov 2	Dez 1	Dez 2	Jan 1	Jan 2	Fev 1	Fev 2	Mar 1	Mar 2	Abr 1	Abr 2	Mai 1	Mai 2
<b>Total de inundações</b>	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<b>Valor total da chuvada</b>	+	-	-	+	+	=	-	=	=	-	=	=	-	-	=	=	=	+
<b>Duração da chuvada</b>	+	-	-	+	+	=	-	+	-	-	-	-	-	-	=	=	=	+
<b>P. máxima horária</b>	+	-	-	+	+	+	-	+	-	-	=	=	-	-	=	=	=	+

A maior parte das quinzenas (dois terços) revela uma tendência para a estabilização ou diminuição dos quantitativos dos três parâmetros pluviométricos. A tendência de estabilização é especialmente visível em três quinzenas primaveris consecutivas (1ª de Abril à 1ª de Maio). A tendência de diminuição ocorre, especialmente, na 2ª quinzena de Setembro e 1ª de Outubro, na 1ª de Dezembro e 2ª de Janeiro, e nas duas quinzenas de Março.

Das restantes quinzenas, destacam-se quatro por, nos três parâmetros pluviométricos, revelarem uma tendência de aumento: 1ª quinzena de Setembro, 2ª de Outubro, 1ª de Novembro e 2ª de Maio.

Apenas três quinzenas registam uma tendência para um aumento do total de inundações, simultaneamente com um aumento dos quantitativos dos três parâmetros pluviométricos das respectivas chuvadas: primeira de Setembro, primeira de Novembro e segunda de Maio. Estas duas últimas pertencem a meses cuja precipitação média mensal também revelou uma tendência de aumento.

#### **4. SÍNTESE CONCLUSIVA**

Os resultados do estudo efectuado no Capítulo II mostram que a cidade de Lisboa apresenta uma elevada perigosidade face ao fenómeno das inundações urbanas. De facto, no período estudado, que abrangeu um total de 80 anos, compreendidos entre 1918/19 e 1997/98, registaram-se 420 inundações, distribuídas por 418 dias; ou seja, cerca de 5 inundações por ano.

Contudo, a distribuição interanual das inundações mostrou-se bastante irregular, atingindo um pico de frequência entre 1935/36 e 1969/70 (8 inundações por ano), coincidindo com o período de precipitação anual mais abundante. A partir de 1970/71 as inundações diminuíram na cidade de Lisboa, mantendo-se, todavia, com uma frequência elevada para um meio urbano (3 por ano).

A análise mensal e quinzenal revelou, por seu lado, que o Outono é a estação mais problemática para a cidade, com 41% do total de inundações; destacando-se o mês de Novembro que, por si só, regista um quinto do total de ocorrências, sendo a primeira

quinzena a de maior frequência do fenómeno com 10,5% do total. Novembro poderá ainda tornar-se um mês de maior perigosidade por, ao contrário da tendência geral, ser o único mês em que se tem vindo a verificar um aumento das inundações em Lisboa. A primeira quinzena revelou-se a mais perigosa para a cidade, não só por ser a de maior frequência do fenómeno, mas também por registar um aumento da sua ocorrência, afectando, inclusivamente, a tendência mensal.

É de salientar que, durante o Outono, assiste-se em Portugal, a uma mudança de circulação geral atmosférica, passando esta de predominantemente zonal (domínio da faixa de altas pressões subtropicais no Verão) para meridiana. Dominam, assim, as correntes ondulatórias e registam-se as primeiras advecções de ar polar ou ártico, massas de ar muito importantes na definição das primeiras chuvas da estação húmida por via do grande contraste térmico existente entre elas e a superfície do oceano.

De facto, o contraste térmico entre a baixa e média troposfera não deve ser alheio ao desencadeamento de situações de grande instabilidade que provocam as chuvadas. Para este contraste, contribuem, por um lado, a chegada de ar frio em altitude vinda de latitudes superiores, e por outro, a energia calorífica acumulada pelo oceano, nesta altura do ano, que se reflecte na sua temperatura e na maior profundidade a que se encontra a termoclina (Ferreira, 1982).

A maior parte das chuvadas (77%) que originam as inundações atingem totais compreendidos entre 10 e 40 l/m<sup>2</sup>, o que representa 1 a 6% da precipitação média anual em Lisboa; 84% dessas chuvadas têm duração inferior ou igual a 6 horas, destacando-se as que duram entre 2 e 3 horas (43% do total); em 2/3 dos casos as precipitações máximas horárias variam entre 5 e 15 l/m<sup>2</sup>.

O Outono, estação do ano de maior frequência de ocorrência de inundações na cidade, é também aquela que regista os valores totais das chuvadas mais elevados (60% das chuvadas superiores 60 l/m<sup>2</sup>) e as maiores precipitações máximas horárias (62% das superiores a 20 l/m<sup>2</sup>/h).



## **CAPÍTULO III**

### **AS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E A MALHA URBANA COMO FACTORES AGRAVANTES DAS INUNDAÇÕES NA CIDADE**



“Uma cidade é uma obra humana levantada de um pedaço de Terra”

(Ribeiro, 1994, pág. 49) .

## 1. METODOLOGIA ADOPTADA

O objectivo deste capítulo é o de mostrar como as características físicas da cidade e respectiva malha urbana agravam, localmente, os episódios de inundação, para posterior caracterização das áreas ou locais inundáveis. Para tal foi necessário, em primeiro lugar, proceder ao levantamento dessas características, ou seja, dos aspectos mais significativos da cidade relativos ao relevo, às bacias de drenagem e à malha urbana.

Assim, procedeu-se à análise das formas de relevo, nomeadamente à definição das unidades de relevo, dando especial realce aos declives e áreas deprimidas, uma vez que dos primeiros depende a velocidade do escoamento e nos segundos se concentra a água. A análise da antiga rede de drenagem (hoje totalmente coberta pela urbanização) é importante, dado que os antigos talwegues se conservam na cidade, definindo áreas deprimidas onde se concentra o escoamento aquando das grandes chuvadas. Por sua vez, a análise da malha urbana permite evidenciar as principais características dos eixos/vias relativamente ao posicionamento não só entre si (cruzamentos, confluências), mas também face ao escoamento, já que podem canalizar ou, pelo contrário, impedir a escorrência resultante das grandes chuvadas.

Os elementos em estudo foram introduzidos em SIG, utilizando o *software* ArcView3.2, tendo sido construídos diversos temas cartográficos (coberturas ou *layers*). Cada uma das coberturas permitiu cartografar variados tipos de informação espacial (curvas de nível, declives, rede de drenagem). Convém ainda referir que cada cobertura está associada a uma tabela, denominada “tabela de atributos”, constituída por um quadro onde está toda a informação que pode ser espacializada no tema cartográfico (*layer*).

As sucessivas operações de sobreposição e combinação dos diferentes temas cartográficos revelam um conjunto de características físicas e urbanas, que são, neste caso, os factores agravantes das inundações, para cada uma das distintas áreas da cidade. A posterior

sobreposição das coberturas com os locais mais frequentemente inundados já definidos no catálogo, oferece, como se verá mais adiante, uma leitura imediata das áreas de maior sensibilidade, evidenciando de certo modo a “tipologia da área inundada”, ou seja, as características que, em cada área, são responsáveis pelo agravamento das inundações.

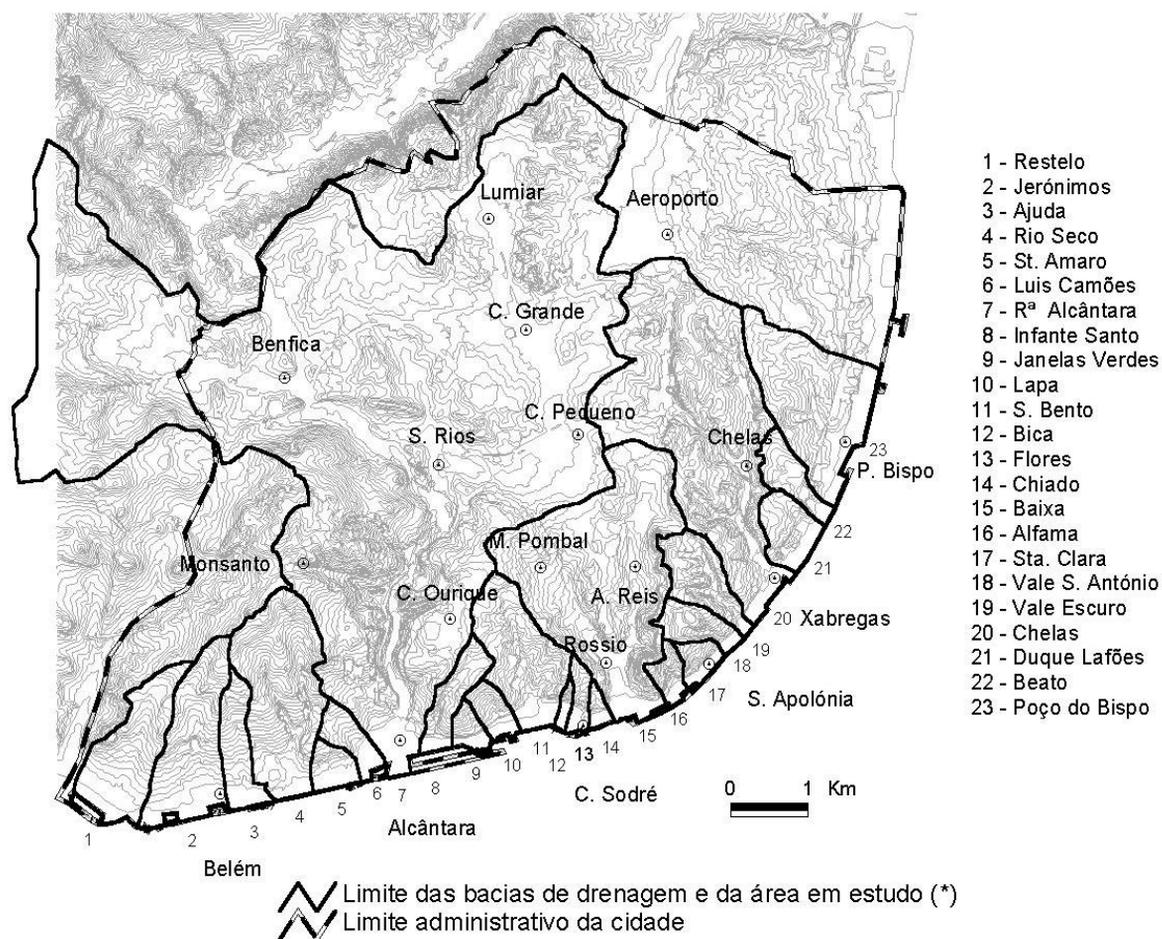
A tarefa de delimitação das bacias de drenagem, sobre as quais foi construída a cidade de Lisboa, foi efectuada sobre a cobertura das curvas de nível, tendo esta sido obtida a partir da vectorização de isolinhas existentes no verso das Cartas do Concelho de Lisboa 1/10.000 (Folhas de 1 a 4). A área estudada neste capítulo refere-se apenas ao conjunto das bacias de drenagem, cujas superfícies totais se encontram totalmente envolvidas pelo limite administrativo da cidade (Fig. 22), à excepção da bacia da Ribeira de Alcântara, que extravasa esses limites, na sua secção noroeste. Por tal motivo, a totalidade da área da bacia da Ribeira de Alcântara foi considerada, apenas na análise das bacias e redes de drenagem, para efeitos de cálculo dos respectivos parâmetros morfométricos.

Foram assim excluídas deste estudo, as seguintes áreas: vertente ocidental da Serra de Monsanto, que pende para o vale da Ribeira de Algés; as secções das bacias que correm para Norte em direcção à Ribeira de Odivelas, nomeadamente as áreas da Colina do Sol, Pontinha e Calçada do Carriche; todo o Nordeste da cidade a Norte da Av. Marechal Gomes da Costa. Esta última área, que se estende até Moscavide, apesar de compreender bacias perfeitamente individualizáveis, não foi incluída devido a três razões: fraca frequência de ocorrência de inundações, ocupação urbana relativamente recente e grandes transformações a nível urbanístico na última década, principalmente na área de intervenção da EXPO 98, onde, em alguns locais, a topografia sofreu grandes modificações.

Para uma melhor identificação, cada bacia foi designada, ou pelo nome do seu antigo curso de água ou vale principal (Bacia da Ribeira de Alcântara, Bacia do Rio Seco, Bacia do Vale Escuro e Bacia do Vale de Santo António), ou pelo nome da área ou bairro localizado na sua secção inferior sempre que não havia uma “designação física” (Fig. 22).

## **2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA CIDADE**

“Lisboa é uma cidade num sítio bem singular. Ao contrário de Roma ou de Atenas, com as suas colinas famosas que se elevam bruscamente no meio da terra plana, a nossa capital é ela própria, pela maior parte, uma cidade de relevo, formada de retalhos de planaltos cortados e separados por uma rede vigorosa de vales” (Ribeiro 1994, pág. 65).



**Fig. 22 - Limites administrativo da cidade de Lisboa, da área estudada neste capítulo e das bacias de drenagem (com a totalidade da Ribeira de Alcântara).**

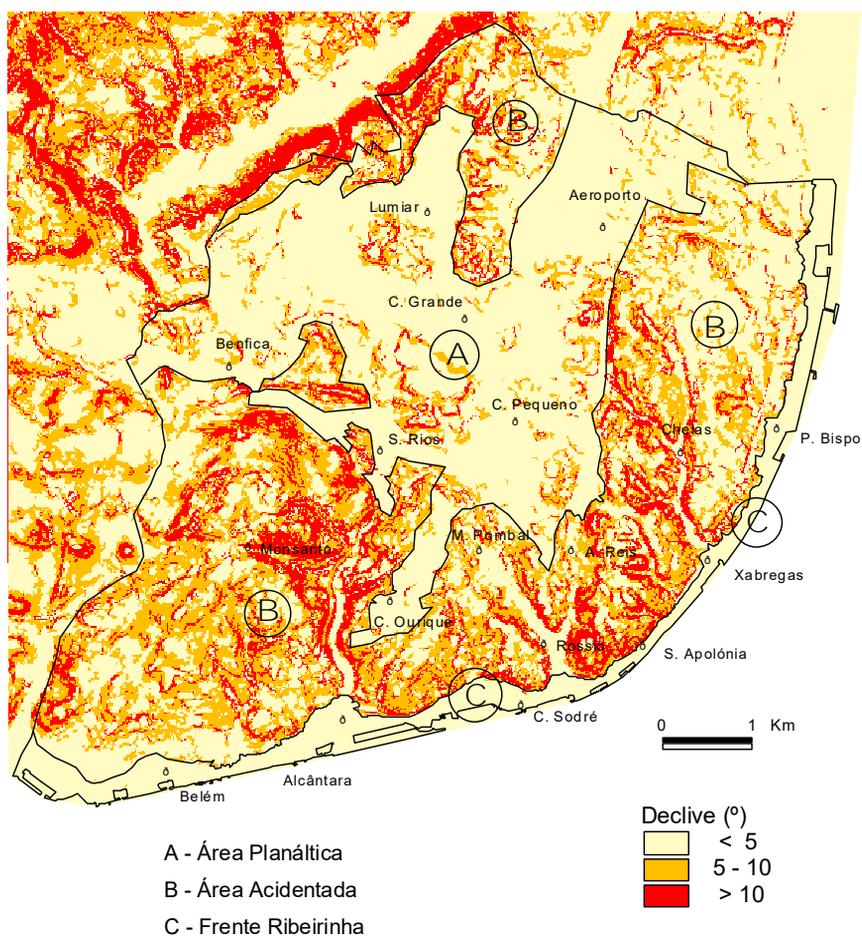
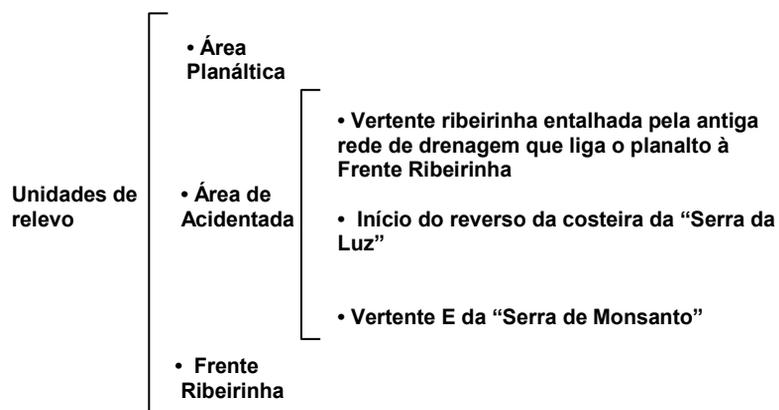
(\*) Nota: Limites coincidentes excepto no sector montante da bacia da Ribeira de Alcântara, por estar fora do concelho de Lisboa

## 2.1. Unidades de relevo

A análise do relevo justifica-se pelo facto de ser "... um dos factores permanentes essenciais na dinâmica hidrológica de uma bacia (...), os seus desníveis influenciam a energia potencial do escoamento superficial que deles resulta e os declives controlam a velocidade desse mesmo escoamento, afectando as magnitudes das pontas de cheia" (Lencastre e Franco, 1992, pág. 36 ).

A análise das altitudes, dos desníveis e dos declives permitiu individualizar em Lisboa, três unidades de relevo distintas: a Área Planáltica, a Área Acidentada e a Frente Ribeirinha (Quadro 11 e Fig. 23).

**Quadro 11. Unidades de relevo da cidade de Lisboa**



**Fig. 23 - Unidades de relevo da cidade de Lisboa**

## a) ÁREA PLANÁLTICA

A Área Planáltica localiza-se no Centro, Noroeste e Nordeste da cidade. De limites muito irregulares, tem uma forma triangular cujos vértices se localizam, grosso modo, nas Portas de Benfica, Moscavide e Estefânia (Fig. 23). A Área Planáltica parece ainda prolongar-se para Sul, através do alto do Parque Eduardo VII, Alto de Campolide e de Campo de Ourique, até ao cemitério dos Prazeres e para lá da Estefânia até à Academia Militar e Hospital Miguel Bombarda, não chegando porém ao Campo Mártires da Pátria. O planalto inclina no sentido N – S, pois os sectores NW e NE têm altitudes mais elevadas, em média superiores a 100 m, enquanto para Sul as altitudes rondam os 80 metros. Predominam os fracos declives (entre 0 e 5°), embora em alguns locais do sector setentrional a forma aplanada dê lugar a elevações não muito importantes, com declives superiores a 5°, em que se destacam os seguintes morros: Cemitério de Benfica, Hospital de Santa Maria, Alto das Telheiras, Alvalade Norte e Instituto Superior Técnico.

Na Área Planáltica, individualizam-se vales muito abertos. Estes são, por vezes, de visualização difícil nos mapas topográficos e de declives, mas facilmente detectáveis no terreno, como é o do eixo Lumiar/ Campo Grande/ Entre-Campos, o da Av. de Berna e o do eixo central do Bairro de Campo de Ourique. Outros vales são bem definidos, como acontece com o da Estrada de Benfica, o da Estrada da Luz e o de Palhavã.

“O planalto de Lisboa nivela indiferentemente várias camadas do Miocénico. Os vales que nele se abrem correm todos para o Tejo, aproximadamente com a orientação Norte - Sul. Foram entalhados por intermitentes ribeiros – secos no Verão, sem grande força de desgaste e com pequenas bacias de alimentação. Por isso os vales são apenas bem definidos junto da margem do Tejo, perdendo rapidamente a altura para montante. Assim, a superfície, retalhada por eles junto ao rio, solda-se para o interior numa área regularmente plana.

Estes contrastes de relevo dominam a fisionomia do centro da cidade. Nesgas do planalto aproximam-se muito da margem, por onde se despenham em escarpas que o casario não oculta por completo” (Ribeiro, 1994, pág. 63).

## b) ÁREA ACIDENTADA

Sob a designação de “Área Acidentada” foram agrupados três sectores distintos do ponto de vista morfológico: a vertente oriental da chamada “Serra de Monsanto”, a Costa da Luz –

Bairro da Cortegaça (elemento da grande costeira de Frielas) e a vertente ribeirinha que separa o Planalto da Frente Ribeirinha (Quadro 11 e Fig. 23). A Área Acidentada envolve o Planalto a Sudoeste, Sul e Sueste, à excepção do sector isolado no extremo setentrional da cidade, também incluído nesta unidade, correspondente ao reverso da costeira que domina o vale da Ribeira de Odivelas (Costa da Luz – Bairro da Cortegaça), por se encontrar muito entalhado pela rede hidrográfica, destacando-se claramente do Planalto (Fig. 23).

Na Área Acidentada, embora predominem os declives moderados a fortes, apresentando a maior parte das vertentes voltadas ao rio declives superiores a  $10^\circ$ , é possível distinguir uma dissimetria W-E, sendo o sector oriental (a NE do Vale de Chelas) o menos declivoso (declives inferiores a  $5^\circ$ ).

A impropriamente designada “Serra de Monsanto” ocupa o sector oeste do Concelho de Lisboa. É o relevo mais imponente da cidade, talvez o único a merecer a designação de colina, elevando-se a 227 m de altitude. Do ponto de vista estrutural, corresponde a uma “abóbada” calcária anticlinal (Ribeiro, 1994), no sopé oriental da qual corre a Ribeira de Alcântara. Para leste do vale da Ribeira de Alcântara domina uma estrutura monoclinal, de pendor suave em direcção ao Tejo. É nela que se desenvolve a vertente ribeirinha, que liga o Planalto à Frente ribeirinha. Esta área é sulcada por vales, em geral, cataclinais (como o da Av. da Liberdade), sendo no entanto alguns ortoclinais (como o da Av. Almirante Reis), de dimensões variáveis, mas por vezes bastante profundos, isolando morros, designados impropriamente por “colinas”. Estes morros não ultrapassam os 100 m, à excepção do Alto do Pina (104 m) e Penha de França (127 m). As elevações mais importantes são: Castelo (97 m), Sétima Colina (75 m), Campo de Santana (Morro de Sta. Anna - 86 m), Bairro Lopes - Curraleira (82 m), Alto de S. João (86 m) e Estrela (80 m). A NE do Vale de Chelas os topos apresentam altitudes inferiores: Desterro - Av. Marechal Gomes da Costa (59 m), Madre de Deus (63 m) e Poiais adjacente ao Vale de Chelas (80m).

Na Área Acidentada distinguem-se três tipos de entalhes:

- tipo 1 – Valeiros curtos (<1 km de comprimento) com predomínio de declives longitudinais fortes (> $10^\circ$ );
- tipo 2 – Valeiros com extensão e declives longitudinais intermédios (1-2 km e  $5^\circ$ - $10^\circ$ );
- tipo 3 – Vales extensos (>2 km) com declives longitudinais fracos (<  $5^\circ$ ).

Tipo 1 - Quando a vertente ribeirinha tem um declive acentuado, os valeiros são pouco extensos, de comprimento geralmente inferior a 500 m, com perfis longitudinais de declive

elevado ( $>10^\circ$ ), como acontece nas seguintes bacias: Janelas Verdes, Lapa, Bica, Flores, Chiado, Alfama e Duque de Lafões. Os dois entalhes da Bacia do Vale de Santo António são mais extensos e apresentam cerca de 650 m de comprimento.

Tipo 2 - Uma situação intermédia refere-se a quase todos os valeiros de extensão média, 1,5 a 2 km, em que predominam os perfis longitudinais com declives moderados ( $5-10^\circ$ ), existentes nas seguintes bacias: Av. Infante Santo, S. Bento e Vale Escuro. O vale do Rio Seco, incluído neste tipo, apresenta, no entanto, fortes declives na respectiva secção superior. Os entalhes das bacias do Restelo, Jerónimos, Ajuda, Beato e Poço do Bispo, apesar de bem definidos, são mais abertos que os restantes.

Tipo 3 – Vales extensos (entre 3 e 4 km) dentro dos limites da cidade, com fundo plano e de fraco declive, que ligam a Área Planáltica à Frente Ribeirinha: Vale da Ribeira de Alcântara, Vale da Baixa (resultante da confluência do vale da Av. da Liberdade com o da Av. Almirante Reis) e vale de Chelas.

### c) FRENTE RIBEIRINHA

É uma estreita faixa aplanada, e em grande parte resultante de aterros (Teles, 1997), compreendida entre o rio Tejo e a curva de nível dos 5 m, embora se estenda, em alguns locais, até à curva dos 10 metros de altitude. Localizada no extremo Sul e Sueste da cidade, estende-se de Algés a Moscavide e apresenta uma largura variável, que ultrapassa as duas centenas de metros em algumas áreas: Restelo, Alcântara-Mar, ruas da Boavista e S. Paulo, Terreiro do Paço e parte da Baixa, Xabregas e Poço do Bispo (Fig. 23).

Apesar de aplanada, a Frente Ribeirinha possui pequenos desníveis, que originam microformas de relevo (micro-interflúvios e talvegues), facilmente identificáveis no terreno e dificilmente detectáveis nos mapas do Concelho de Lisboa (1/10.000). O Bom Sucesso/Praia de Pedrouços, Belém, Junqueira Oriental, Alcântara Ocidental (Fontainhas e R. da Cozinha Económica), Conde Barão, S. Paulo, Alfândega, Bica do Sapato (Caminhos-de-Ferro), Xabregas, Rua do Beato (Marvila) e Poço do Bispo são excelentes exemplos de talvegues da Frente Ribeirinha. Exemplos de locais com micro-interflúvios são: Rua Bartolomeu Dias, Junqueira Oriental, Av. D. Carlos I /Largo Vitorino Damásio, centro da Rua Boavista, Largo Cais do Sodré (lado norte), Calçada Dom Gastão (Beato Sul) e Sul da Rua do Açúcar (entre o Beato e o Poço do Bispo).

No quadro 12 estão sintetizados os elementos do relevo seleccionados na definição dos factores agravantes das inundações urbanas e retidos para a caracterização tipológica das diferentes áreas.

De modo a sintetizar o mais possível a informação, foram seccionados o declive e a posição topográfica, para a caracterização do relevo dos locais ou áreas (conjunto de locais), afectados pelas inundações. Em relação ao declive foram definidas três classes:  $<5^\circ$ ,  $5-10^\circ$  e  $>10^\circ$ . Quanto à posição topográfica foram estabelecidas as três posições possíveis: interflúvio, vertente e área deprimida (fundo de vale, ou de valeiro e talvegue).

**Quadro 12 - Elementos do relevo utilizados na definição dos factores agravantes das inundações urbanas**

Área Planáltica (A1)	Área Acidentada (A2)	Frente Ribeirinha (A3)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Áreas planas sem entalhes</li> <li>• Valeiros               <ul style="list-style-type: none"> <li>• vertente de 5 a <math>10^\circ</math></li> <li>• fundo de 0 a <math>5^\circ</math></li> </ul> </li> <li>• Vales incipientes               <ul style="list-style-type: none"> <li>• vertentes <math>&gt; 10^\circ</math></li> <li>• fundo de 0 a <math>5^\circ</math></li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Topo de colina</li> <li>• Vertente ribeirinha               <ul style="list-style-type: none"> <li>• declivosa (<math>&gt;10^\circ</math>)</li> <li>• pouco declivosa (<math>5-10^\circ</math>)</li> </ul> </li> <li>• Vertentes com declive               <ul style="list-style-type: none"> <li>• forte (<math>&gt;10^\circ</math>)</li> <li>• moderado (<math>5-10^\circ</math>)</li> <li>• fraco (<math>&lt;5^\circ</math>)</li> </ul> </li> <li>• Valeiros e vales               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundo                   <ul style="list-style-type: none"> <li>• tipo 1 (<math>&gt;10^\circ</math> e <math>&gt; 1</math> km)</li> <li>• tipo 2 (<math>5-10^\circ</math> e 1 a 2 km)</li> <li>• tipo 3 (<math>&lt;5^\circ</math> e <math>&gt; 2</math> km)</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Micro-interflúvio</li> <li>• Talvegue</li> </ul>

Nota: os graus referem-se aos declives e os km ao comprimento dos vales

A posição topográfica é essencial para perceber porque é que determinados locais da cidade dispersam, canalizam ou acumulam água; enquanto os declives explicam a maior ou menor velocidade da água.

## 2.2. Bacias de drenagem

Este ponto tem por objectivo caracterizar e comparar as bacias de drenagem sobre as quais se foi estendendo a cidade de Lisboa e, simultaneamente, seleccionar as características ou factores de maior destaque no agravamento das inundações.

Na análise das bacias de drenagem são geralmente tidas em conta as características biofísicas e a ocupação humana. Das características biofísicas apenas foram consideradas a geometria, a antiga rede de drenagem e o relevo, devido ao facto das bacias estarem inseridas em ambiente urbano. Não foram, por isso, estudados o coberto vegetal e a litologia devido à impermeabilização dos terrenos.

Os parâmetros escolhidos pretendem evidenciar as características geométricas, hidrográficas e morfológicas de cada uma das bacias de drenagem. Estas características são importantes pelas implicações que têm na quantidade de água que pode atingir os antigos talwegues e na forma como o escoamento se concentra ao longo deles.

### a) GEOMETRIA

A área, o perímetro e a forma foram os parâmetros escolhidos para caracterizar geometricamente as bacias de drenagem.

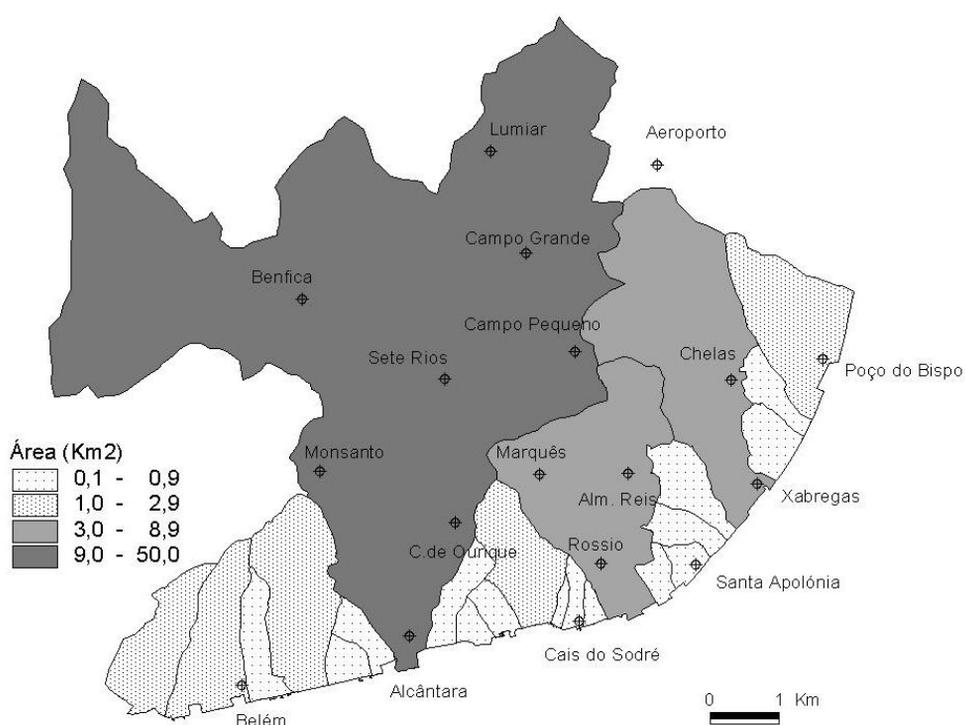
“A área tem a função de interceptar a precipitação” (Strahler, 1979, pág. 523). A análise da área revela-nos a capacidade, que uma bacia tem, de captar a água precipitada, o que se reflecte no caudal das respectivas linhas de água. Normalmente a áreas maiores correspondem maiores caudais. A análise das áreas das bacias da cidade <sup>(1)</sup> permite verificar que todas elas são inferiores a 50 km<sup>2</sup>, sendo, portanto, pequenas bacias-vertente. A maioria (61%) não chega a atingir 1 km<sup>2</sup>. Contudo, uma análise mais detalhada permite dividi-las em quatro categorias, consoante as respectivas dimensões à escala da cidade (Quadro 13 e Fig. 24).

---

<sup>1</sup> Os pontões das docas não foram englobados na área das bacias, por serem construções artificiais praticamente isoladas, em alguns casos, de grandes dimensões, o que levaria a uma distorção nos cálculos dos parâmetros utilizados para a análise das bacias de drenagem. Foram os casos dos pontões das seguintes docas: Pedrouços na Bacia do Restelo; Bom Sucesso e de Belém, na Bacia dos Jerónimos; Santo Amaro na Bacia Luís de Camões; Alcântara (Rocha Conde de Óbidos), nas bacias da Ribeira de Alcântara, Infante Santo, Janelas Verde e Lapa; Marinha, na Bacia da Baixa; Terreiro do Trigo na Bacia da Alfama e a do Poço do Bispo na Bacia do mesmo nome.

**Quadro 13 - Dimensão das bacias de drenagem da cidade de Lisboa**

Muito reduzida 0,1 - 0,9 km <sup>2</sup>		Reduzida 1,0 – 2,9 km <sup>2</sup>	Média 3.0 - 8,9 km <sup>2</sup>	Grande 9 – 50 km <sup>2</sup>
Santo Amaro	Ajuda			
Janelas Verdes	Luís de Camões	Restelo		
Lapa	Infante Santo	Jerónimos		
Bica	Vale de S. António	Rio Seco	Baixa	Alcântara
Flores	Vale Escuro	S. Bento	Chelas	
Chiado	Duque de Lafões	Poço do Bispo		
Alfama	Beato			
Santa Clara				



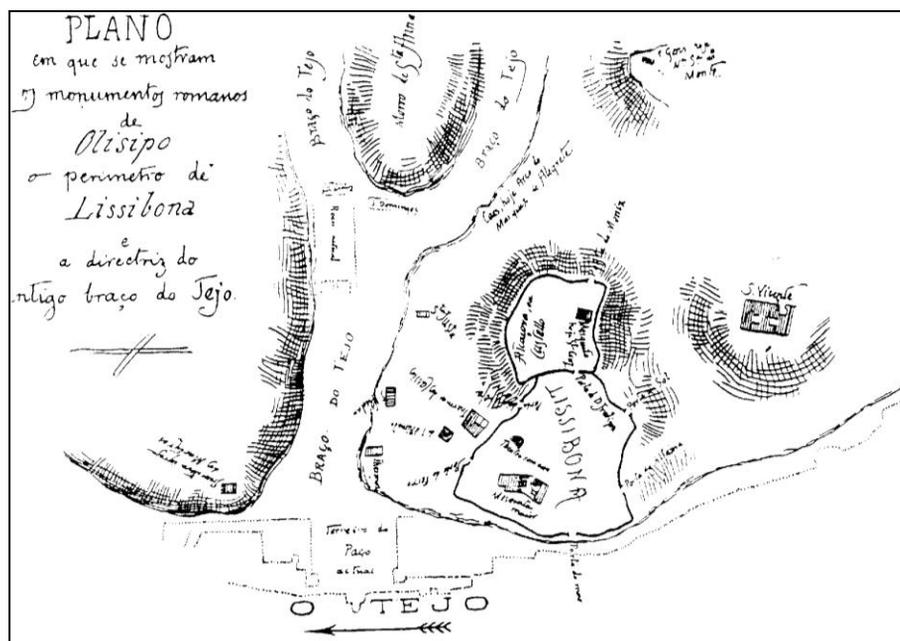
**Fig. 24 - Categorias de bacias de drenagem de Lisboa, segundo a área**

Das vinte e três bacias em estudo, a da Ribeira de Alcântara é a maior com 40,9 km<sup>2</sup> e 43,2 km de perímetro, ocupando todo o sector NW e N da cidade e estendendo-se, a partir de Campolide, no sentido N-S, até Alcântara (Fig. 24). Se apenas for tida em conta a secção contida no perímetro da cidade, ela ocupa quase metade (31,9 km<sup>2</sup>) da área em estudo (64,5 km<sup>2</sup>). A Ribeira de Alcântara foi, ao longo de vários séculos (e até ao início do séc. XX) o local onde os lisboetas lavavam a sua roupa. Contudo com o aumento da população, a degradação das águas da ribeira foi-se transformando numa fonte de epidemias e doenças

várias. Em 1887, a Companhia Real dos Caminhos de Ferro canalizou o primeiro troço, entre a estação de Alcântara-Terra e o Tejo. Entre 1943 e 1967 foram canalizados 10 km da Ribeira entre a estação de Alcântara-Terra e o limite do concelho (Câmara Municipal de Lisboa, 1997).

As bacias do Vale de Chelas e da Baixa têm dimensões muito inferiores às da Ribeira de Alcântara com áreas entre 6 e 8 km<sup>2</sup>, mas destacam-se das restantes vinte, que apresentam superfícies inferiores a 3 km<sup>2</sup>. Destas, cerca de um terço do total tem uma área inferior a 0,5 km<sup>2</sup>.

As bacias desenvolveram-se em função de um nível de base próximo – o Tejo – orientando-se, na sua maioria, de Norte para Sul. Segundo Dias (1987), o vale da Baixa era ocupado por um braço do Tejo, ao qual vinham confluir (no actual Rossio) duas linhas de água que desciam pelos vales das actuais avenidas da Liberdade (Vale Verde) e Almirante Reis (Fig. 25). No tempo da ocupação romana (desde 218 A.C.) a Baixa era já densamente povoada e o esteiro do Tejo já estava atulhado, correndo apenas um riacho, com uma ponte, que existiu até ao séc. XV.



**Fig. 25 - O leito do antigo braço do Tejo em Lisboa, na Idade do Ferro**  
(Dias, 1987, pág. 10)

A maior parte das bacias de drenagem encontra-se na Área Acidentada da cidade. No entanto, nas bacias de dimensão muito reduzida, a Frente Ribeirinha pode abranger uma

secção significativa da respectiva da área, ocupando, em algumas, cerca de metade da sua superfície.

A Área Planáltica é drenada, em mais de metade, por parte da secção superior da Bacia da Ribeira de Alcântara. A restante, corresponde às secções superiores das bacias da Baixa e de Chelas, não chegando a cobrir um terço das respectivas superfícies, bem como às secções superiores das bacias de Infante Santo e de S. Bento.

Para a quantificação da forma das bacias, utilizou-se o Índice de Gravelius ( $K_c$ ) ou coeficiente de compacidade, parâmetro adimensional que associa a forma de uma bacia de drenagem à de um círculo de igual área, definindo a relação entre o perímetro da bacia ( $P$ ) e o de um círculo ( $P_c$ ), com área ( $A$ ) igual à da bacia:

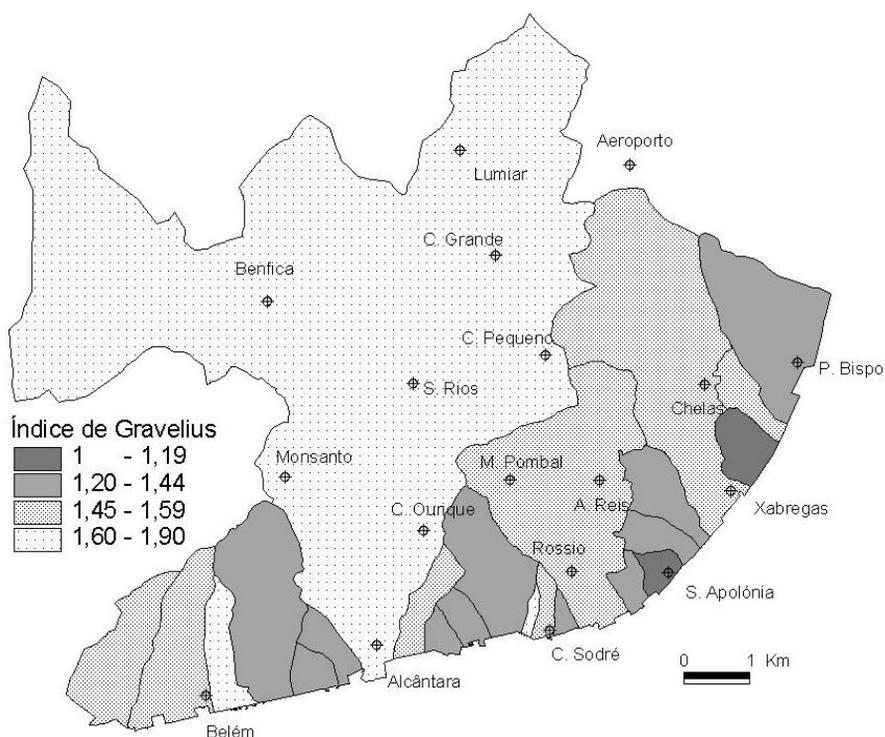
$$K_c = P/P_c \Rightarrow P/2\pi r \Rightarrow 0,28 (P/\sqrt{A})$$

A forma varia de alongada a circular ( $K_c=1$ ), sendo esta última a de maior potencialidade na produção de pontas de cheia, em igualdade dos restantes componentes da bacia (Ramos, 1994), pois o escoamento proveniente dos afluentes atinge o curso principal com menor desfasamento espaço-temporal. Para valores de  $K_c < 1,6$  a bacia é considerada compacta, logo, mais perigosa (Faria e Machado, 1979; Ramos, 1994).

A maioria das bacias em estudo (20 em 23) são compactas por apresentarem o índice de Gravelius com um valor inferior a 1,6. A figura 26 revela que as bacias de dimensões inferiores apresentam geralmente índices menores, o que revela a sua maior perigosidade quanto à forma. Nas de Duque de Lafões ( $K_c = 1,10$ ) e Santa Clara ( $K_c = 1,19$ ) é facilmente perceptível a tendência que as respectivas formas têm para se aproximar do círculo. A estas, opõem-se as bacias da Ajuda ( $K_c = 1,74$ ) e Ribeira de Alcântara ( $K_c = 1,89$ ) pela forma alongada.

## b) ANTIGA REDE DE DRENAGEM

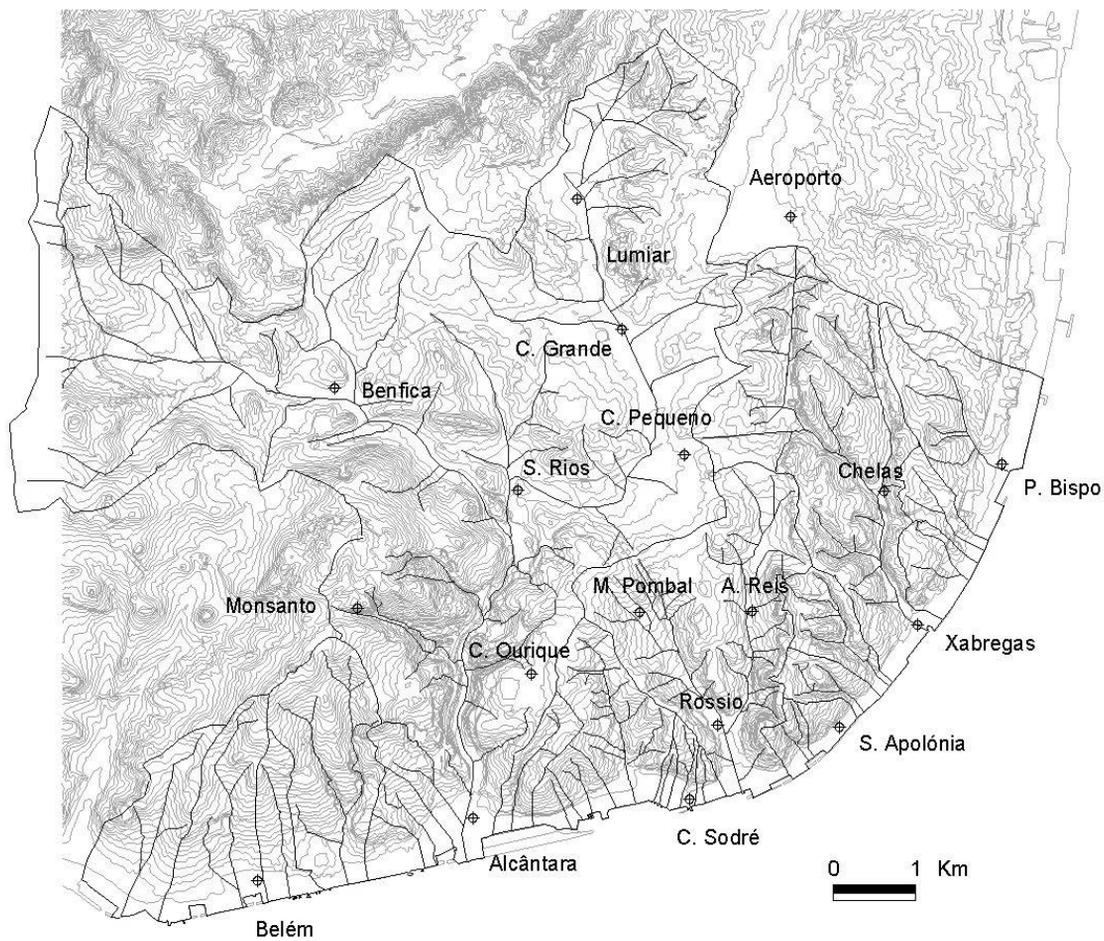
A reconstituição da rede de drenagem, sobre a qual se estendeu a cidade de Lisboa, foi feita através da inflexão no traçado das curvas de nível (Fig. 27). A tarefa foi complementada, em casos de dúvida, com observação directa no terreno, através da detecção de áreas deprimidas longitudinalmente, definindo antigos talwegues.



**Fig. 26 - Categorias de bacias de drenagem de Lisboa, segundo o  ndice de Gravelius**

Devido à urbanização que foi, ao longo dos tempos, aumentando o perímetro urbano de Lisboa, a quase totalidade dessa rede de drenagem foi literalmente engolida pelo alcatrão e pelo betão. No entanto, os antigos talvegues, que são ainda perfeitamente visíveis quando nos passeamos pela cidade, concentram neles o escoamento durante as precipitações intensas. No seu conjunto, pode classificar-se a rede de dendrítica, ou seja, a maioria das confluências são feitas segundo ângulos agudos (Fig. 27). No entanto, em algumas áreas, há evidentes anomalias na distribuição das linhas de água, que apresentam um traçado rectilíneo e confluências formando ângulos rectos. O exemplo mais flagrante observa-se na secção Nordeste da Bacia de Chelas cujo traçado rígido do colector principal (ao longo da Av. Gago Coutinho), parece seguir um espectacular alinhamento de relevo, aproximadamente N - S, que se estende até ao morro do Castelo (Fig. 27).

Na análise da antiga rede de drenagem seleccionaram-se os seguintes parâmetros: magnitude da rede (Shreve), hierarquia da rede (Strahler) e densidade hídrica. As bacias de Santo Amaro e Santa Clara, representam um caso particular, pois por não apresentarem talvegues definidos, os respectivos parâmetros têm um valor de zero.



**Fig. 27 - Antiga rede de drenagem de Lisboa**

Magnitude da rede - a metodologia de Shreve prende-se com o maior ênfase dado às confluências (pontos críticos de afluxo de água) do que outras metodologias, como as de Horton e Strahler. Assenta nas seguintes premissas (Reis, 1996):

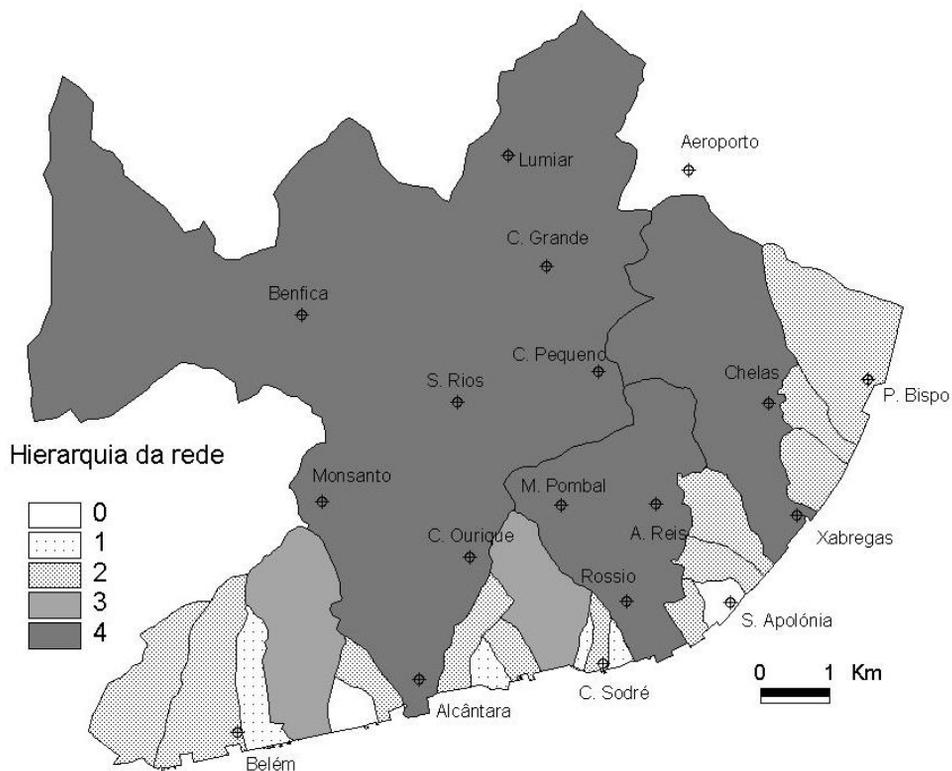
- a ordem dos segmentos iniciais, sem afluentes, é 1;
- toda a confluência, independentemente da ordem do canal, contribui para modificar a ordem do canal principal, alterando as suas propriedades dentro da rede e criando um segmento com número de ordem novo;
- as características hidrológicas da bacia dependem, em grande parte, do número de canais e depreendem-se pelo número de ordem dos mesmos.

Cada segmento, bem como a área que para ele drena, é considerado uma unidade com características potencialmente distintas das restantes; no caso das bacias secundárias cada um deles é influenciado por todas as unidades (canais e áreas) com número de magnitude inferior à sua.

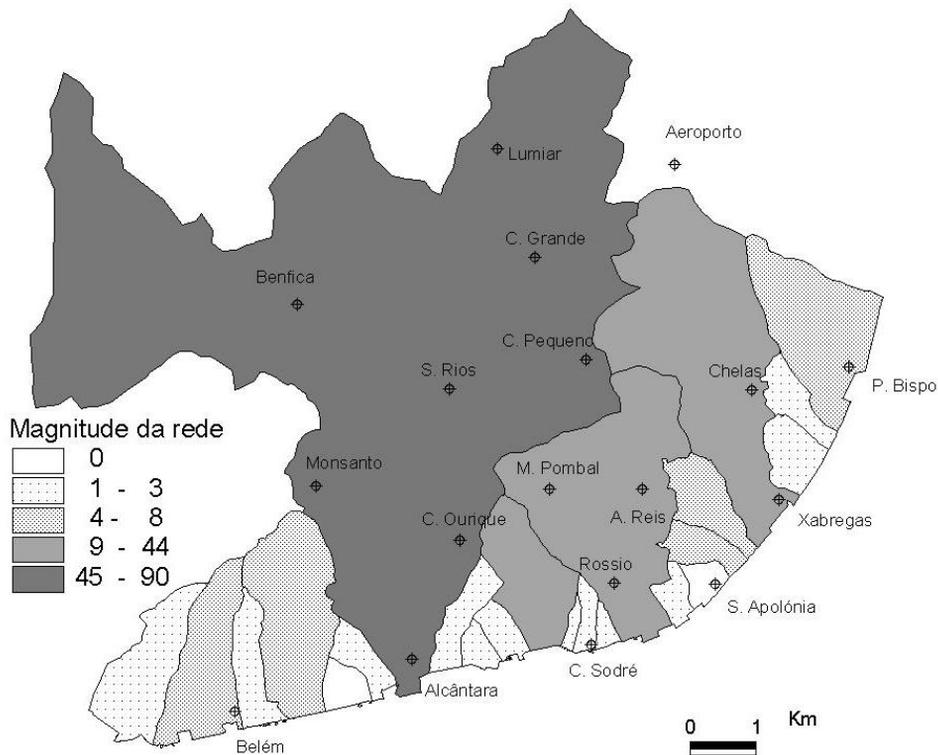
Hierarquia da rede (Strahler) – revela a hierarquia da rede de drenagem, através do número de ordem das linha de águas que a compõem.

Densidade Hidrográfica (Dh) – A densidade hídrica, proposta por Horton em 1945, entende-se como a razão entre o número de cursos de água e a área da respectiva bacia, permitindo comparar, de uma forma prática, a quantidade de cursos de água existentes com os de uma área padrão. “A maior densidade da rede hidrográfica, diminui o escoamento livre e lento sobre a superfície do solo e acelera a acumulação das águas nas partes mais baixas da rede de canais. Consequentemente aumenta os valores dos picos de vazão e reduz os valores mínimos (...). A maior capacidade de transporte da rede actua no mesmo sentido” (LNEC, 1986, pág. 70).

As maiores bacias destacam-se por apresentarem um maior desenvolvimento da rede de drenagem, atingindo um número elevado de cursos de água e uma hierarquização superior. Assim, salientam-se as bacias da Ribeira de Alcântara, da Baixa e de Chelas, que atingem o n.º de ordem 4 e possuem, respectivamente, 84, 38 e 34 afluentes. Seguem-se-lhes as bacias de S. Bento e Rio Seco, com n.º de ordem 3 e 18 e 7 afluentes, respectivamente (Figs. 28 e 29).



**Fig. 28 - Categorias de bacias de drenagem, segundo a hierarquia (Strahler)**

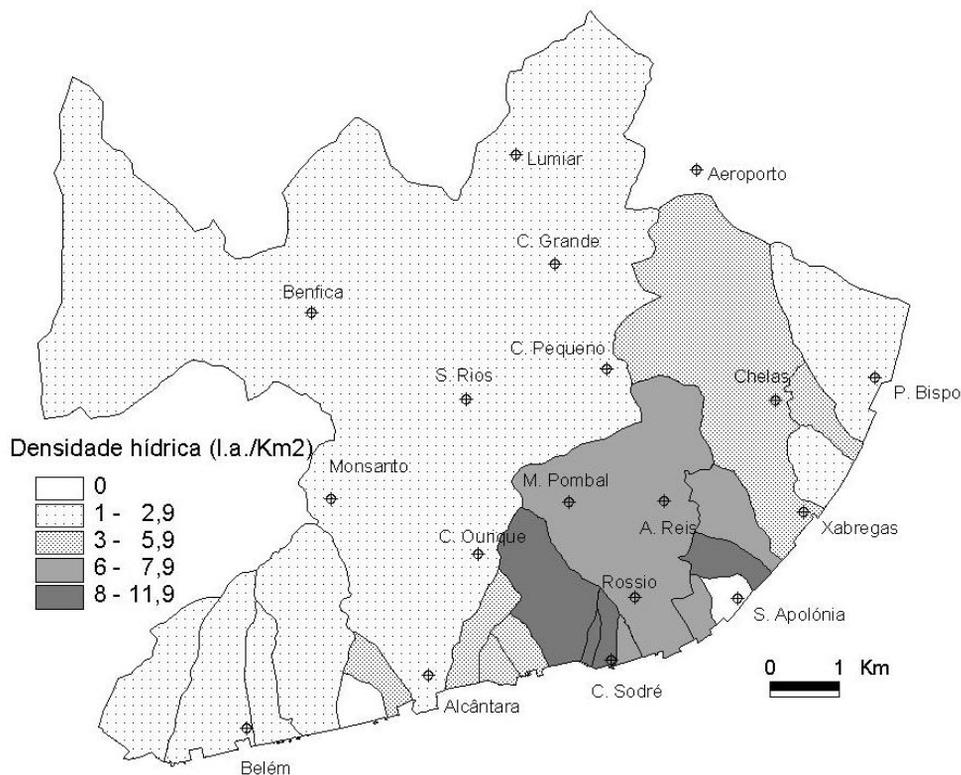


**Fig. 29 - Categorias de bacias de drenagem, segundo a magnitude (Shreve)**

As maiores densidades hídricas, ou seja, superiores a seis cursos de água por km<sup>2</sup>, localizam-se na Área Acidentada e referem-se às bacias entre S. Bento e Vale Escuro (Fig. 30) No seio destas destacam-se as bacias de S. Bento, Bica, Flores e Vale de Santo António com densidades superiores a 8. As bacias da Baixa, Vale Escuro, Chiado e Alfama apresentam densidades entre 6 e 8.

### c) RELEVO

O desnivelamento e o declive foram os parâmetros escolhidos para a caracterização do relevo das bacias. O desnivelamento foi calculado a partir da diferença entre as altitudes máxima e mínima de cada bacia. O declive é a razão entre o desnivelamento e a distância horizontal (em hectómetros) entre o ponto mais elevado e o ponto mais baixo, neste caso os zero metros. O desnivelamento revela a diferença de altitude percorrida pelo fluxo de água e o declive influencia a respectiva velocidade.



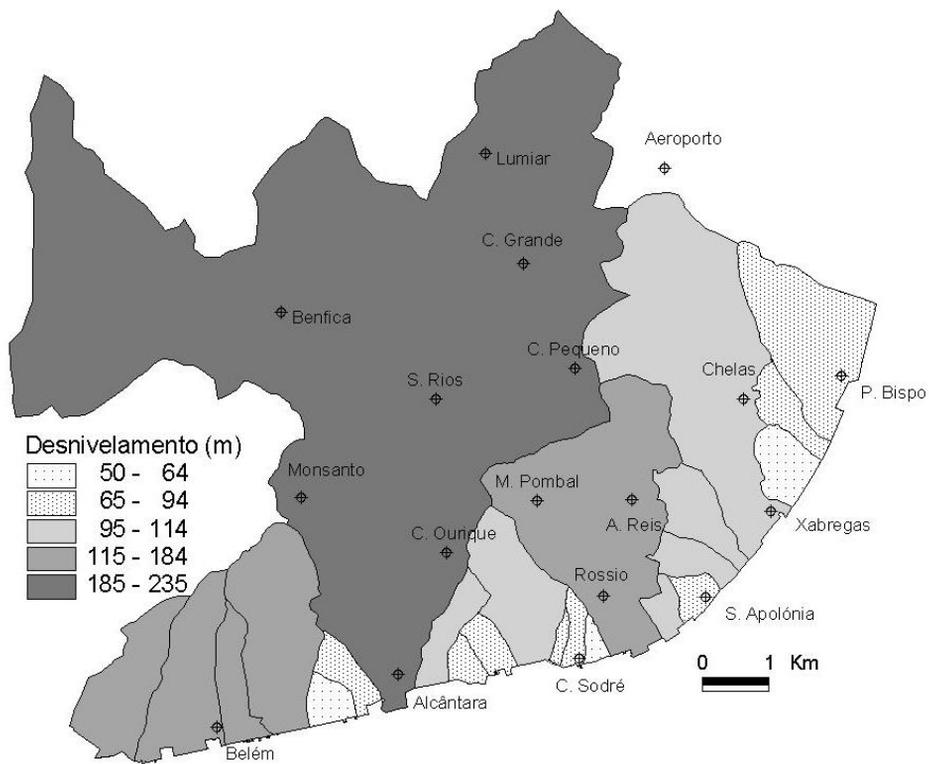
**Fig. 30 - Categorias de bacias de drenagem, segundo a densidade hidrográfica**

As bacias de média e grande dimensão (à escala da cidade), apesar dos respectivos desnivelamentos serem maiores, apresentam declives menos vigorosos. As bacias de menores dimensões têm, pelo contrário, desnivelamentos inferiores, mas maiores declives. É de salientar que cerca de metade das bacias atinge desnivelamentos  $\geq 100$  m (Fig. 31), destacando-se as da Ribeira de Alcântara (233 m), Rio Seco (180 m), Jerónimos (170 m), Ajuda (140 m), Restelo e Baixa (120 m).

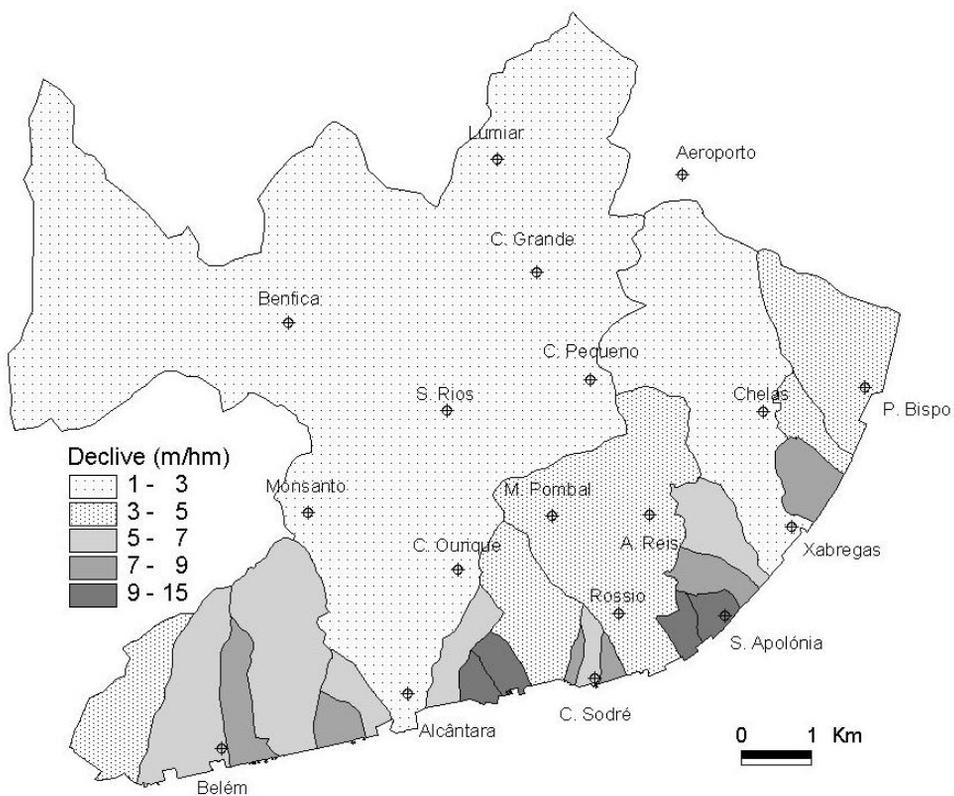
Relativamente ao declive, quase metade das bacias apresentam valores superiores a 7 m/hm (Fig. 32), sendo as mais declivosas a de Alfama (14,7 m/hm), Santa Clara (14,2 m/hm), Janelas Verdes (12 m/hm) e Lapa (11m/hm).

#### d) SÍNTESE DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DAS BACIAS DE DRENAGEM

A análise dos coeficientes de correlação entre os vários parâmetros morfométricos revela que, à excepção da densidade hídrica, todas as variáveis se correlacionam positivamente entre si, encontrando-se o declive correlacionado negativamente (Quadro 14).



**Fig. 31 - Categorias de bacias de drenagem, segundo o desnivelamento**



**Fig. 32 - Categorias de bacias de drenagem, segundo o declive**

**Quadro 14 - Correlações entre os vários parâmetros morfométricos**

	Área	Perímetro	Forma	Hierarquia	Magnitude	D. hídrica	Desnível	Declive
Área	1	<b>0,98</b>	<b>0,59</b>	<b>0,94</b>	<b>0,55</b>	-0,18	<b>0,71</b>	<b>-0,43</b>
Perímetro		1	<b>0,62</b>	<b>0,96</b>	<b>0,65</b>	-0,2	<b>0,77</b>	<b>-0,54</b>
Forma			1	<b>0,55</b>	0,37	0,05	<b>0,59</b>	<b>-0,47</b>
Hierarquia				1	<b>0,73</b>	-0,02	<b>0,67</b>	<b>-0,54</b>
Magnitude					1	0,25	<b>0,57</b>	<b>-0,65</b>
D. hídrica						1	-0,24	-0,03
Desnível							1	-0,38
Declive								1

Nota: as correlações significativas encontram-se representadas a negrito

A aplicação da análise factorial em componentes principais, aplicada à matriz dos dados relativos aos parâmetros, mostrou que, no primeiro eixo, as bacias de grandes dimensões e fracos declives se associam às de elevados valores do índice de Gravelius, desnível, magnitude e hierarquia. Pelo contrário, os valores reduzidos destes quatro parâmetros surgem associados às bacias de superfície reduzida e declives vigorosos. O perímetro e a densidade hídrica são mais bem explicados no segundo eixo, surgindo em lados opostos do gráfico devido à sua correlação negativa. Esta técnica permitiu estabelecer uma hierarquia em que se consideraram os parâmetros “mais importantes”: área, forma, desnível e declive das bacias e hierarquia e magnitude da antiga rede de drenagem. O perímetro e a densidade hídrica, ao serem mais bem explicados no segundo eixo, revelam a sua menor importância.

Com base nas correlações e na análise factorial, estabeleceram-se seis grupos de bacias, representados no quadro 15.

As bacias dos três primeiros conjuntos (A a C) apresentam uma área superior a 1 km<sup>2</sup> e um perímetro superior a 6 km:

A – A bacia da Ribeira de Alcântara, a de maior superfície (40,9 km<sup>2</sup>) e menos compacta, que ocupa a maior parte da área em estudo, caracteriza-se principalmente por apresentar

um elevado desnivelamento (233 m), um declive pouco vigoroso, o maior número de afluentes (84) e uma elevada hierarquia na foz (4).

**Quadro 15 – Agrupamento das bacias de drenagem com base em parâmetros morfométricos semelhantes**

Bacia	Geometria			Rede de drenagem			Relevo		
	área (Km <sup>2</sup> )	perímetro (km)	forma (Gravelius)	magnitude (Shreve)	hierarquia (Strahler)	dh (l.a/km <sup>2</sup> )	desnível (m)	declive (m/hm)	
<b>A</b>	<b>Rib. de Alcântara</b>	40,93	43,17	1,89	84	4	2,1	233	2,3
<b>B</b>	<b>Baixa</b>	6,20	13,02	1,46	38	4	6,1	120	3,7
	<b>S. Bento</b>	1,88	6,21	1,26	18	3	9,6	105	4,7
	<b>Chelas</b>	7,43	15,23	1,55	34	4	4,6	110	2,2
<b>C</b>	<b>Restelo</b>	1,79	7,01	1,46	3	2	1,7	120	4,7
	<b>Jerónimos</b>	2,07	7,95	1,55	4	2	1,9	170	6,6
	<b>Rio Seco</b>	2,93	7,93	1,30	7	3	2,4	180	6,7
	<b>Poço Bispo</b>	2,90	7,89	1,29	5	2	1,7	85	4,0
<b>D</b>	<b>Vale S. António</b>	0,55	3,58	1,36	5	2	9,0	100	7,8
	<b>Vale Escuro</b>	0,98	4,92	1,40	6	2	6,1	110	5,9
<b>E</b>	<b>Infante Santo</b>	0,69	4,47	1,50	3	2	4,3	100	6,0
	<b>Luís Camões</b>	0,50	3,50	1,38	2	2	4,1	75	6,3
	<b>Duque de Lafões</b>	0,73	3,35	1,11	2	2	2,8	60	7,7
	<b>Beato</b>	0,60	4,20	1,51	2	2	3,3	70	4,5
	<b>Ajuda</b>	0,84	5,70	1,74	1	1	1,2	140	7,3
	<b>Janelas Verdes</b>	0,27	2,30	1,23	1	1	3,4	80	12,0
	<b>Lapa</b>	0,39	3,10	1,40	2	2	5,1	80	11,0
	<b>Bica</b>	0,12	2,00	1,60	1	1	8,6	70	8,3
	<b>Flores</b>	0,28	2,90	1,52	3	2	10,8	75	6,7
	<b>Chiado</b>	0,15	1,89	1,36	1	1	6,5	50	7,5
	<b>Alfama</b>	0,32	2,71	1,33	2	2	6,3	95	14,7
	<b>S. Amaro</b>	0,40	2,80	1,23	0	0	0,0	55	7,8
	<b>S. Clara</b>	0,32	2,40	1,18	0	0	0,0	80	14,2

B – As bacias deste agrupamento, apresentam em comum uma hierarquia elevada (de 3 a 4) e um grande número de linhas de água (18 a 38). A Bacia de S. Bento é facilmente

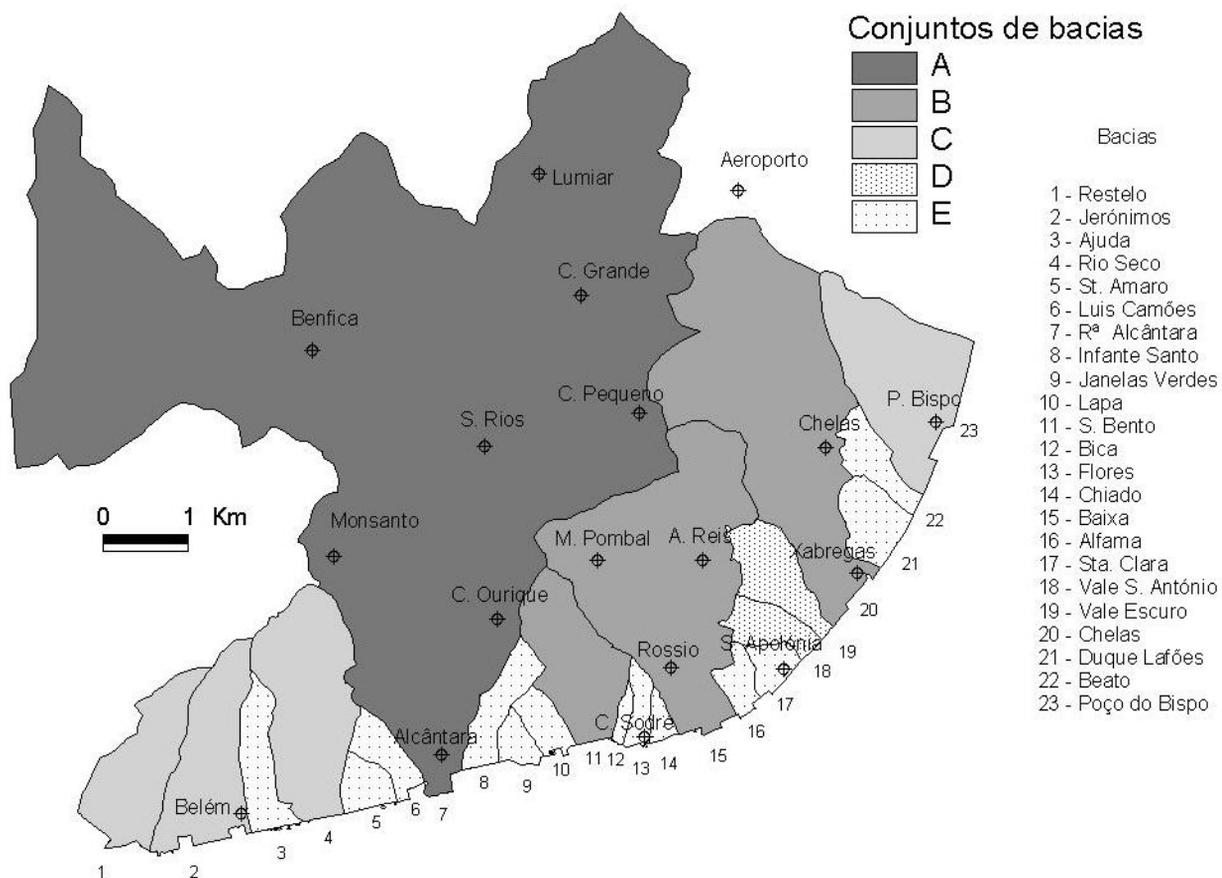
destacável pela sua área inferior a 2 km<sup>2</sup>, pelo maior declive e pela elevada densidade hídrica (9,6 linhas de água/km<sup>2</sup>).

C – As quatro bacias deste agrupamento, de média dimensão, no contexto da cidade, apresentam uma hierarquia entre 2 e 3 e baixas densidades hídricas (entre 1,7 e 2,4/km<sup>2</sup>). Têm uma posição periférica: três das bacias localizam-se no extremo ocidental da cidade e a do Poço do Bispo no extremo oriental (Fig. 33).

As bacias de menores dimensões (área < 1 km e perímetro < 6 km), apresentam, no geral, declives elevados, poucas linhas de água e uma fraca hierarquia na foz (0 a 2), podendo ser divididas em dois grupos, em função das respectivas diferenças. As bacias do grupo D diferem das do grupo E, por serem, entre as bacias de reduzida dimensão, as que apresentam o maior número de linhas de água (5 a 6), e um desnivelamento médio (entre 100 e 110 m). No grupo E destaca-se a bacia da Ajuda por apresentar uma área e um perímetro um pouco maiores do que as restantes, e também pela forma alongada ( $K_c = 1,74$ ) e pelo maior desnivelamento (140 m). Os parâmetros relativos à rede de drenagem das bacias de S. Amaro e de S. Clara, surgem com valor 0 por não apresentarem talvegue bem definido, assemelhando-se às restantes nos parâmetros geométricos e do relevo.

Na figura 33, encontram-se cartografados os agrupamentos estabelecidos, sendo perceptível que as bacias de características semelhantes tendem a aproximar-se no espaço. Desta análise conclui-se que a perigosidade das bacias de maiores dimensões, ligada aos maiores escoamentos produzidos, é devida à área de apanhamento, hierarquização e magnitude da rede de drenagem e ao desnivelamento; enquanto a perigosidade das de dimensão mais reduzida é devida fundamentalmente ao forte declive, o que implica uma maior rapidez de escoamento.

Além dos parâmetros do relevo já seleccionados para a tipologia das áreas inundáveis (Quadro 12), foram acrescentados, a partir da análise da antiga rede de drenagem, os referentes à magnitude das linhas de água, bem como as respectivas confluências. A magnitude da rede de drenagem depende da área da bacia de apanhamento e tem reflexos directos na quantidade de escoamento. As confluências dos antigos talvegues são pontos críticos de convergência desse escoamento.



**Figura 33 - Conjuntos de bacias de drenagem com características morfométricas semelhantes.**

Ver legenda do quadro 15.

### 3. A MALHA URBANA

Como toda a área em estudo se encontra inserida num meio urbano, as características da malha urbana são essenciais para compreender porque é que, dentro de uma mesma bacia de apanhamento, existem sectores de comportamentos distintos face a uma mesma chuva. Numa situação de inundação, a malha urbana torna-se tão importante como os vários parâmetros físicos. O objectivo da análise seguinte é assim o de seleccionar os parâmetros pertencentes à malha urbana que podem agravar as inundações, canalizando ou impedindo o escoamento.

### 3.1. Posição dos diferentes eixos e nós face ao escoamento superficial

As diferentes malhas urbanas variam por toda a cidade, sendo facilmente individualizáveis os tipos ortogonal, radioconcêntrico e irregular, muito relacionados com a época de construção e com o modelado complexo de Lisboa. “ Certos bairros ou sítios da cidade, que não são divisões administrativas nem freguesias religiosas, estão ligados às formas de relevo. Entre o vale de Alcântara e o da rua de S. Bento fica a Estrela; entre este e o da Baixa, o Bairro Alto. O vale da Baixa, que se bifurca em Y no Rossio, enquadra nos dois ramos (Av. da Liberdade e Rua da Palma/Av. Almirante Reis) a colina de Santana. Para o interior, as Avenidas Novas desenvolveram a sua planta geométrica, na superfície lisa do planalto. Os altos do Castelo, da Graça, da Senhora do Monte e da Penha de França dominam o vale da Baixa e o seu ramo oriental. Há no cimo da vertente uma bancada de calcário miocénico que desenha uma cornija vigorosa. O pendor aí é tão forte que uma cintura de quintais e jardins em escadaria marca, logo abaixo do cimo, um «vazio» persistente que a construção tem evitado” (Ribeiro, 1994, pág. 63).

No entanto, a análise da malha urbana deverá ser efectuada a uma escala maior, descendo ao nível das características individuais de cada tipo de eixos (avenidas e ruas) e nós (praças e largos), seguida da relação geométrica entre eles, e da sua posição face às antigas linhas de água, as quais resultam da sua posição topográfica (Fig. 34).

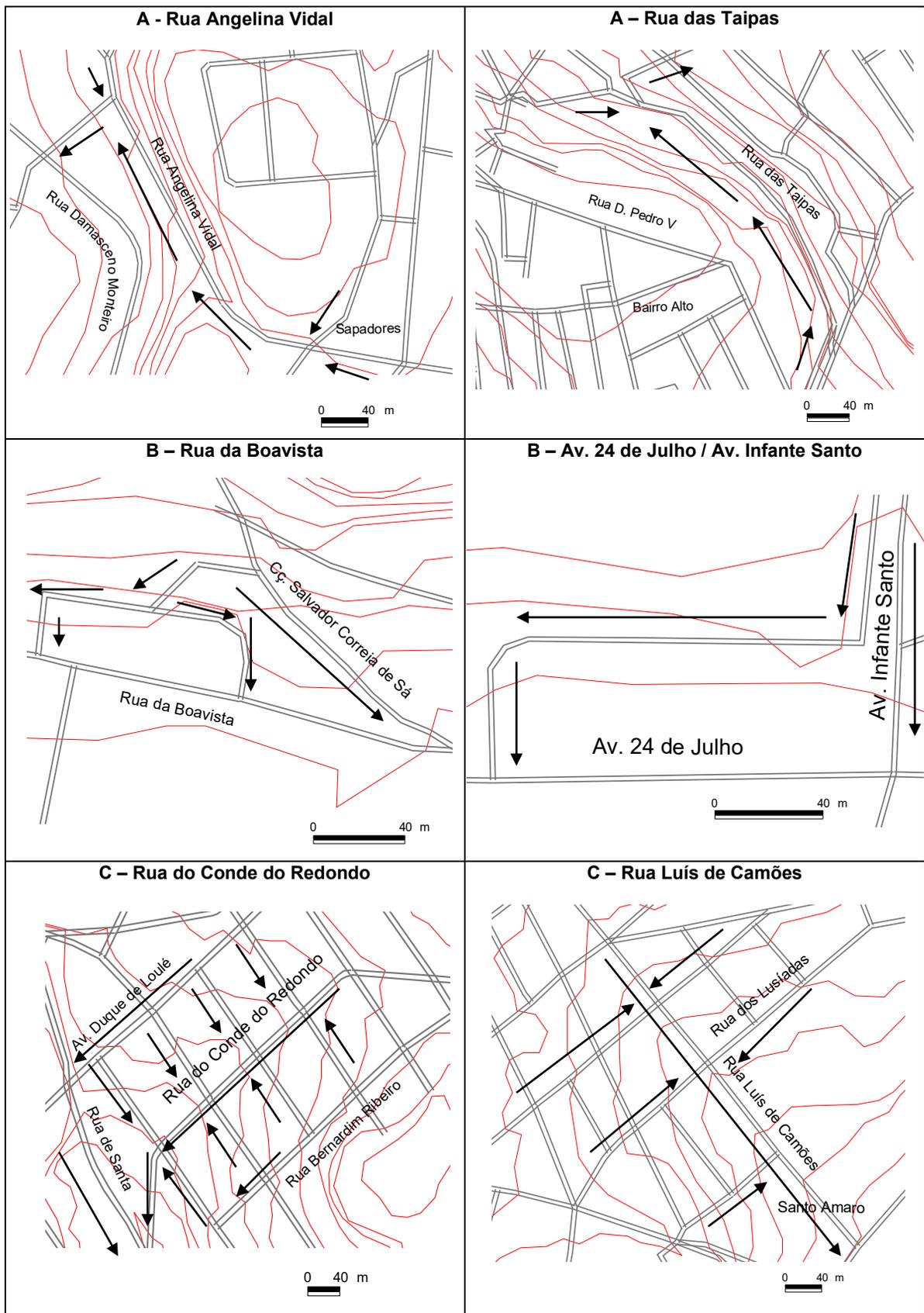
A distinção feita entre praça/largo e avenida/rua é baseada na proporção entre a respectiva largura e comprimento. As ruas são elementos da malha urbana extensos e estreitos comparativamente às praças que são largas e curtas. Essa distinção a partir da forma, não tem em conta as respectivas dimensões, daí que haja muitas praças mais estreitas que determinadas ruas, e ruas mais largas que determinadas praças. Quando se sobrepõe as ruas e as praças à topografia, verifica-se que, numa situação de chuva intensa, as vias podem funcionar como canalizadoras ou receptoras do escoamento superficial. Uma via é canalizadora, quando apenas orienta o fluxo de água entre dois pontos, sendo geralmente curta e sem ruas confluentes; é receptora, quando a ela afluem outras ruas canalizadoras ou receptoras, nunca apresentando atravessamentos ou encruzilhadas; os cruzamentos de vias podem ser locais sensíveis quando correspondem à intercepção de duas vias inundáveis, quer canalizadoras quer receptoras, daí que as vias com encruzilhadas tenham sido consideradas separadamente (Fig. 35).

As praças e largos podem, também, ser divididos em três tipos: emissores, quando funcionam apenas como áreas de divergência de águas caso dos largos da Graça, de S. Sebastião da Pedreira, Príncipe Real, e Saldanha (Fig. 36); encaminhadores quando recebem ruas canalizadoras ou receptoras e enviam águas geralmente apenas para um eixo, como acontece no Marquês de Pombal, no Rato, em Santa Bárbara e no Martim Moniz; receptores quando a eles apenas afluem ruas e se encontram localizados na Frente Ribeirinha, cujos fracos declives facilitam aí uma paragem ou travagem do fluxo de água, como acontece no Conde Barão, no Terreiro do Paço, Praça Afonso de Albuquerque e nos largos do Terreiro do Trigo, de Alcântara e de Cascais (Alcântara-Mar).



**Fig. 34 – A malha urbana de Lisboa face às antigas linhas de água**

O posicionamento das ruas face às antigas linhas de água pode ser um factor decisivo para compreender algumas das características das inundações urbanas, já que, por exemplo, as ruas que se situam sobre as antigas linhas de água ou muito próximo delas, em posição paralela, podem funcionar como autênticos ribeiros em situações de chuva intensa.



**Fig. 35 – Exemplos de vias inundáveis canalizadoras (A), receptoras (B) e de cruzamentos (C), na cidade de Lisboa.**

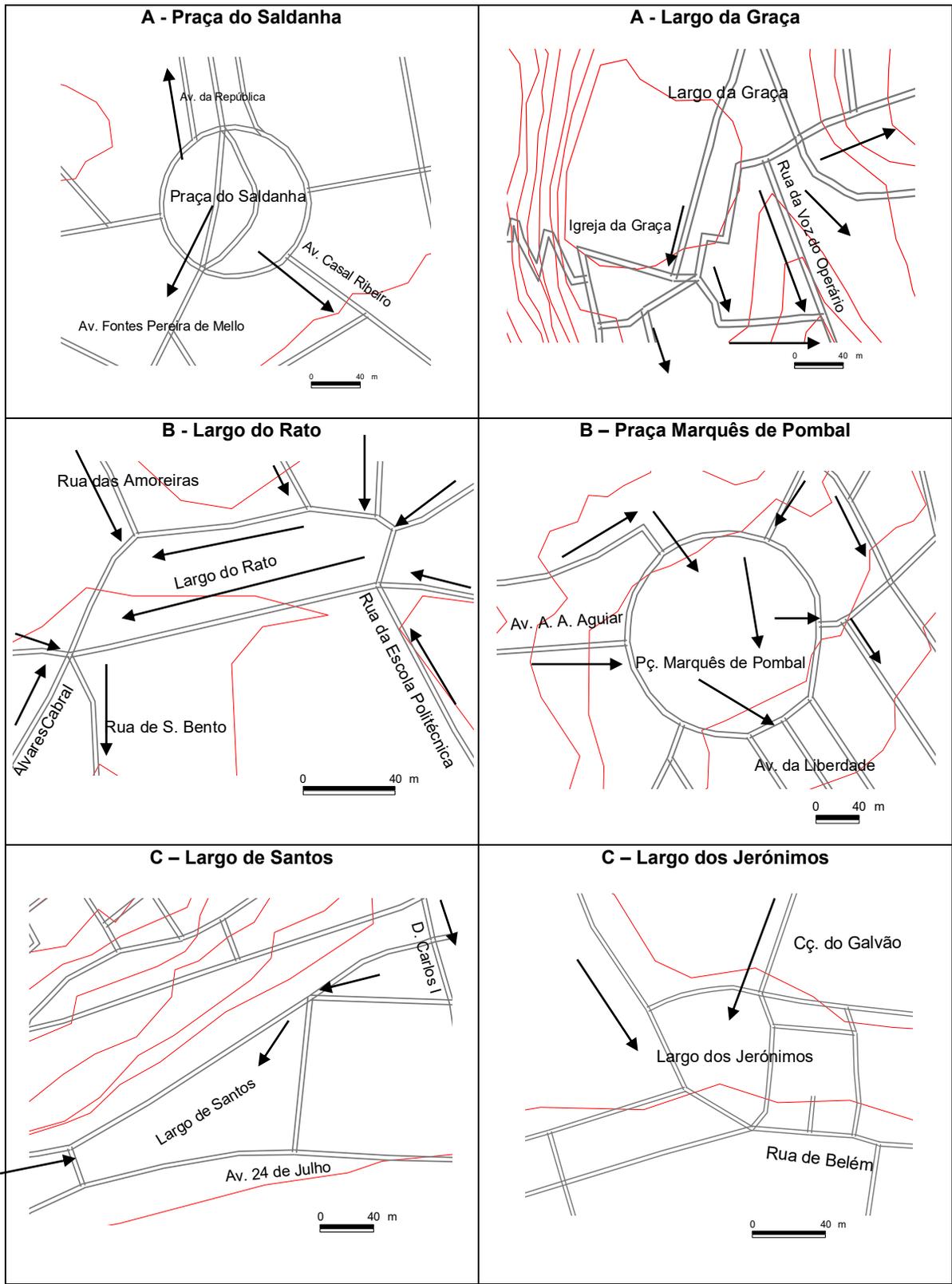
Algumas das largas avenidas de Lisboa foram abertas paralelamente a antigas linhas de água, aproveitando fundos de vale largos e planos, embora “fugindo” à posição mais deprimida (talvegue). Assim, a Av. da Liberdade é paralela às ruas de S. Marta, S. José e Portas de S. Antão situadas no talvegue; a Av. D. Carlos I estende-se paralelamente à rua de S. Bento, esta sim em posição mais deprimida sobre a antiga linha de água; a Av. António Augusto Aguiar é paralela à Rua de S. Sebastião da Pedreira e Rua Nicolau Bettencourt, estas também em posição mais deprimida.

Muitos dos eixos (avenidas e ruas) frequentemente inundáveis, apesar de não serem coincidentes com as antigas linhas de água, encontram-se nas proximidades, daí que seja importante estabelecer qual a posição do eixo inundável face à antiga linha de água, podendo distinguir-se três tipos: paralelo, perpendicular e oblíquo. Os exemplos são inúmeros, podendo-se referir alguns por se localizarem em locais muito conhecidos (Fig. 37).

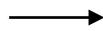
“Estes vales foram percorridos por cursos de água, pelo menos na época das chuvas. Sucederam-lhe esgotos, depois cobertos. Os talvegues estão ainda marcados, em parte, por certas ruas mais deprimidas (Rua de Alves Correia – actual S. José, Regueirão dos Anjos); e ainda hoje, nas enxurradas produzidas pelas chuvas concentradas e violentas, que não são raras no clima de Lisboa, correm por elas grandes massas de água” (Ribeiro, 1994, pág. 63). Além destes exemplos, outros podem ser enumerados como a Rua do Arco do Carvalhão, Estrada de Chelas e ruas do Benfoso e Gualdim Pais. O tipo de construção do casario destas ruas permite identificá-las como mais antigas que as construções das ruas vizinhas. As ruas de Santana à Lapa, Calçada da Tapada, a maior parte das transversais da Estrada de Benfica, as ruas da Baixa transversais às Ruas do Ouro e da Prata, apresentam-se perpendiculares à linha de água. As avenidas Columbano Bordalo Pinheiro, 5 de Outubro, Almirante Reis e Cç. da Boa Hora cruzam a antiga linha de água em diagonal (obliquamente). A partir desse ponto de cruzamento, as ruas podem canalizar o fluxo de água, ficando assim, inundadas.

### **3.2. Artificialização da superfície topográfica**

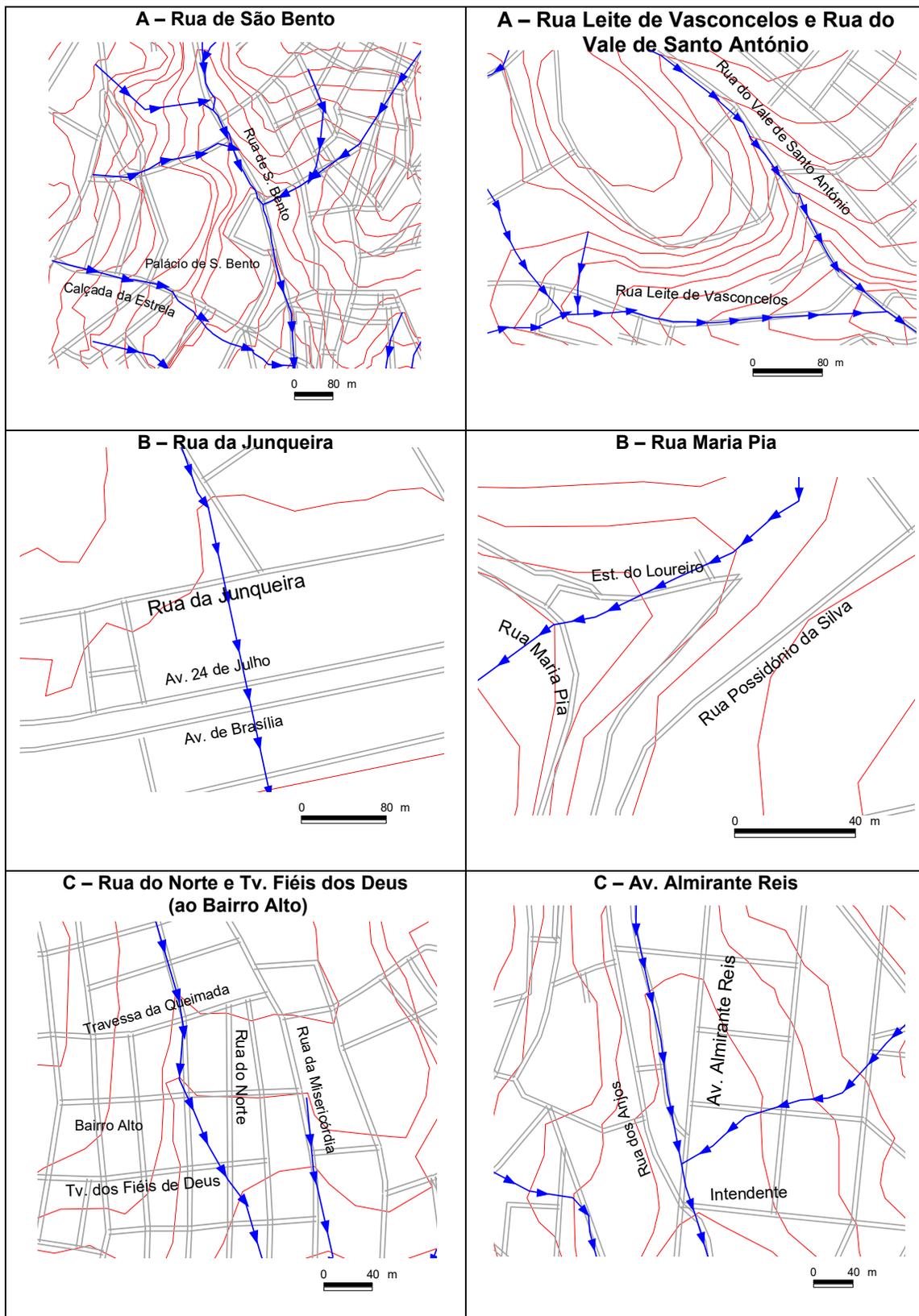
O processo de expansão da urbe lisboeta (construção de casas, viadutos, pavimentação de ruas e implementação do sistema de águas pluviais e residuais), introduziu alterações na topografia da cidade, bem visíveis em determinados locais.



 via  
 curva de nível

 direcção do escoamento

**Fig. 36 - Exemplos de praças e largos emissores (A), encaminhadores (B) e receptores (C) na cidade de Lisboa**

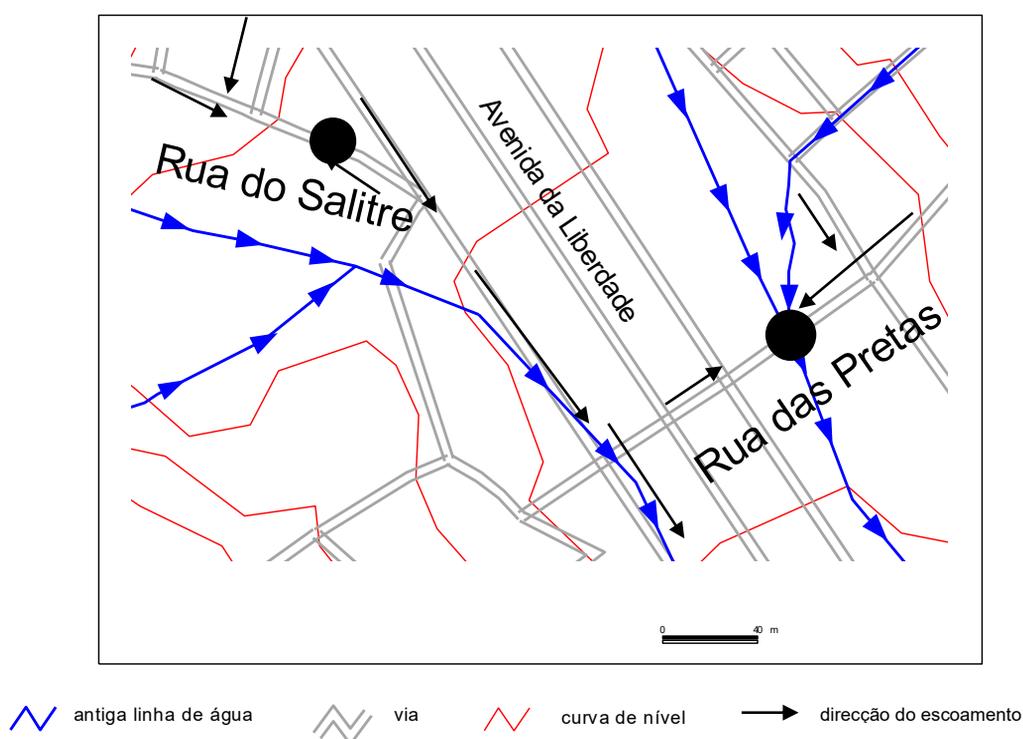


 antiga linha de água
  via
  curva de nível

**Fig. 37 - Exemplo de vias paralelas (A), perpendiculares (B) e oblíquas (C) à antiga linha de água na cidade de Lisboa**

Em alguns dos episódios chuvosos da década de 90, os túneis recentemente construídos foram alagados, chegando a atingir alturas de água consideráveis, ficando intransitáveis, como acontece com os da Av. da República e o de Entre-Campos. Por estranho que pareça, também alguns viadutos são alagados durante os episódios de chuva intensa originando uma espécie de “inundação suspensa”. Destacam-se os viadutos de Benfica, sobre a 2ª Circular e o de Duarte Pacheco.

Outras situações, não localizadas em túneis nem viadutos, destacam-se por serem áreas deprimidas artificialmente: troço final da Rua do Salitre, alguns metros antes da confluência com a Av. da Liberdade; Travessa Henriques Cardoso em Alvalade; Travessa da Trabuqueta em Alcântara; Rua das Pretas entre a Rua S. José e a Av. da Liberdade e Rua de Santo António à Estrela na esquina com a Rua do Jardim à Estrela (Fig. 38).



**Fig. 38 - Exemplo de áreas deprimidas artificialmente na cidade de Lisboa**

Em muitos locais da cidade, os muros e prédios também funcionam como barreiras à livre circulação das águas. Em situação de inundação, é facilmente perceptível que estas barreiras artificiais originam um desvio do fluxo e/ou acumulação de águas, que em alguns casos chegam a atingir alturas consideráveis. São bons exemplos do primeiro caso (desvio do fluxo de águas), os prédios situados no sector sul da Rua da Sociedade Farmacêutica, e os localizados no entroncamento da Estrada da Luz e Estrada das Laranjeiras com a Rua

das Laranjeiras (Fig. 39–A) . No segundo caso (acumulação de água), são exemplos, o cruzamento da Av. 24 de Julho com a Av. Infante Santo; Bica do Sapato e Xabregas (antes das obras que ligaram a Rua de Xabregas à Av. Infante D. Henrique, junto ao Largo Marquês de Nisa), onde o fluxo das águas é barrado (Fig. 39–B).

Nalguns locais é facilmente perceptível que, além das obras que levaram à formação de áreas deprimidas, existe ainda a interposição de uma barreira, funcionando estes dois factores em simultâneo, como acontece na Rua D. Dinis, na Rua Rebelo da Silva, Rua do Alvito junto ao Largo de Alcântara, entre outros.

Assim, podemos seleccionar as seguintes características da malha urbana, como factores intervenientes nas inundações urbanas:

- Praça/largo – emissora, encaminhadora, receptora do escoamento superficial;
- Rua/avenida – canalizadora, cruzamento, receptora do escoamento superficial;
- Posição da rua face à antiga linha de água – paralela, perpendicular ou oblíqua;
- Áreas deprimidas artificialmente – túneis, viadutos e outras;
- Barreiras artificiais (muros e prédios).

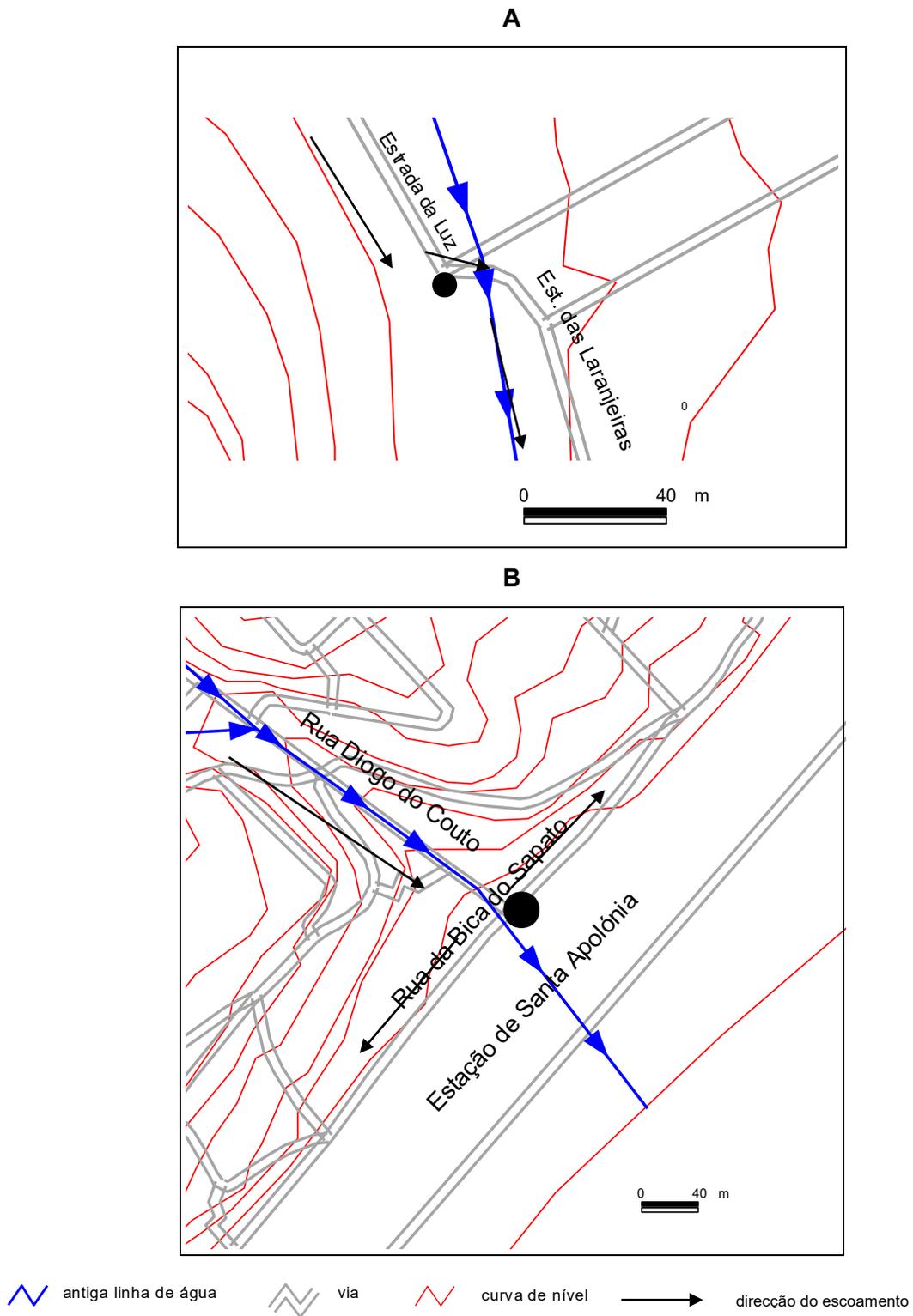
#### **4. SÍNTESE CONCLUSIVA**

O quadro 16 sistematiza os factores físicos e antrópicos analisados no presente capítulo. Para o fenómeno em estudo, a Geografia Física da cidade de Lisboa, fornece-nos dois aspectos fundamentais: o relevo, que nos revela as inúmeras formas existentes que podem agravar a acumulação de água e/ou a sua velocidade, e a antiga rede de drenagem responsável pelos entalhes onde se concentra o escoamento (antigos talwegues).

Numa cidade tão acidentada, o declive imprime velocidade aos fluxos e os inúmeros talwegues juntam as águas vindas de montante. As antigas linhas de água em elevado número, esculpiram talwegues que confluem em vários locais da cidade e os sectores terminais acabam por se localizar na Frente Ribeirinha, onde as águas vindas de montante se acumulam ou se espriam. Os eixos e nós urbanos de Lisboa, por si só, podem funcionar como uma verdadeira rede de drenagem.

A artificialização da superfície topográfica da cidade criou, por outro lado, barreiras (muros e prédios) ao escoamento, túneis e micro-depressões, que impedem, durante as chuvadas, a livre circulação das águas, ou levam inclusivamente à sua acumulação. A conjugação

destes factores físicos e antrópicos criou numerosos locais críticos na cidade, de elevada sensibilidade às inundações, os quais serão objecto de análise no capítulo seguinte.



**Fig. 39 - Exemplo de barreiras à circulação das águas na cidade de Lisboa.**  
**A –Desvio de fluxos de água; B – Fluxo de água de água barrado**

**Quadro 16 - Factores físicos e antrópicos das inundações na cidade de Lisboa analisados**

<b>Factores Físicos (*)</b>	<b>Unidades de relevo da cidade</b>	<b>Área planáltica</b>	Áreas planas sem entalhes	
			Valeiros	Vertente
				Fundo
			Vales incipientes	Vertente
				Fundo
			<b>Área acidentada</b>	Interflúvio
		Vertente		declive forte
				declive moderado
				declive fraco
		Fundo de valeiro ou vale		Tipo 1
	Tipo 2			
	Tipo 3			
	<b>Frente Ribeirinha</b>	Micro-interflúvio		
		Talvegue		
	<b>Bacias de drenagem</b>	<b>Geometria</b>	Área	
			Forma	
		<b>Antiga rede de drenagem</b>	Hierarquia	
			Magnitude	
			Densidade hidrográfica	
		<b>Relevo</b>	Desnivelamento	
Declive médio da bacia				
<b>Factores Antrópicos</b>		<b>Malha Urbana</b>	<b>Tipo de eixos (vias)</b>	Praça/largo
	Encaminhadora			
	Receptora			
	Avenida/rua			Canalizadora
				Cruzamento
				Receptora
	Relação com a antiga rede de drenagem		Posição da rua face à antiga linha de água	Paralela
				Perpendicular
				Oblíqua
	<b>Áreas deprimidas artificialmente</b>		Túneis	
		Viadutos		
		Outras		
<b>Barreiras artificiais</b>	Muros e Prédios			

(\*) Não estão aqui representados os factores marinhos (*storm surge* e efeito de maré) por não terem sido objecto de estudo neste trabalho.

## **CAPÍTULO IV**

### **ZONAMENTO DAS ÁREAS AFECTADAS PELAS INUNDAÇÕES**



## 1. PROBLEMAS METODOLÓGICOS

Este ponto tem como objectivo caracterizar os locais e as áreas inundáveis da cidade de Lisboa. As áreas ou locais inundados foram retirados das notícias relacionadas com grandes chuvadas que deram origem a inundações entre 1918/19 e 1997/98, o mesmo no período temporal estudado no Capítulo II, em que ocorreram 420 episódios de inundação. Em cerca de 10% das notícias relativas às 420 ocorrências, a localização das áreas ou locais inundados não é referida, surgindo apenas: “pequenas inundações em vários locais da cidade”, “inundações diversas”, “inundações várias em muitas ruas de Lisboa”. Nestes casos, fez-se constar no catálogo a designação “locais não referidos”.

A informação sobre áreas e locais afectados pode assumir várias formas sendo, aliás, o aspecto melhor referenciado na notícia. No entanto, em determinados episódios, muitos dos locais inundados não são enumerados na sua totalidade, principalmente nos acontecimentos de grande magnitude, em que se dá especial atenção às vias mais conhecidas. Em muitas notícias, a palavra inundação ou alagamento está omitida, mas alguns aspectos referidos ou imagens ajudam a identificação de locais que são inundados, sendo disso exemplo: a paragem de veículos, quer particulares quer de transporte público, em determinado local ou área, a intervenção da brigada de colectores para desentupimento, a intervenção dos bombeiros para bombagem (extracção) de água e o rebentamento de sarjetas. Outro tipo de notícia refere que determinado local não era transitável a pé, outras referem ruas que se transformaram em autênticos rios e locais que, após a inundação, ficaram intransitáveis devido à grande quantidade de terras e lamas que ficaram depositadas na via.

As referências aos locais podem ser feitas de várias formas. Ou são muito precisas, explicitando o número da porta ou sítio, ou apenas referem eixos ou áreas com extensões consideráveis, sem localização precisa. Frequentemente, os locais são enumerados sem indicação precisa, referindo-se apenas edifícios de interesse público como teatros, ministérios, bancos, liceus, cafés, esquadras, monumentos, mercados, hospitais e palácios, que indirectamente revelam o local afectado. Outro aspecto, prende-se com o facto de muitos lugares não estarem mencionados na notícia e serem representados nas fotografias que apresentam aspectos da inundação e que, por essa razão, foram tidos em consideração. Acontece, por vezes, que determinada área não surge mencionada como abrangida pela inundação, mas a partir da leitura da notícia é possível concluir que foi efectivamente inundada.

Outras vezes, a notícia é muito genérica, referindo apenas que a Frente Ribeirinha foi afectada. Neste caso, considerou-se a Av. 24 de Julho, visto ser a artéria que é sempre alagada, quando a Frente Ribeirinha é afectada por inundações.

Para cada episódio de inundação foi elaborada uma listagem dos locais afectados. Numa primeira tentativa de condensar a vasta informação, esta foi tratada de forma a que as unidades de análise fossem os elementos da malha urbana, ou seja, os eixos e os nós da cidade (avenida, alameda, rua, azinhaga, caminho, travessa, beco, escadas, praça e largo). Assim, a restante informação respeitante aos edifícios públicos, palácios, estátuas, vilas, pátios, jardins, etc., foi englobada nos eixos ou nós em que se situam. Alguns mantiveram-se com o próprio nome, visto serem frequentemente inundados, como por exemplo, o Mercado da Ribeira, a Feira Popular e o Hospital do Rego, por possibilitarem a delimitação mais correcta de sectores, dentro do mesmo eixo, com diferentes frequências de inundação.

Como as notícias dos jornais contêm frequentemente erros e imprecisões, as vias inundadas nas 420 ocorrências foram colocadas por ordem alfabética de modo a corrigir e uniformizar os respectivos nomes. Muitas vezes, as denominações são extensas ou não referidas na sua totalidade, pelo que foi necessário utilizar mapas da cidade de distintas épocas. Nas artérias que mudaram de nome adoptou-se a actual designação. Nas décadas de 50/60 deu-se uma mudança em muitos nomes das artérias de Lisboa: o Largo do Rato denominava-se Praça do Brasil; a Rua das Portas de Santo Antão era a Rua Eugénio dos Santos; a Av. D. Carlos I designava-se Av. Presidente Wilson; a Rua de S. José era a Rua Alves Correia; o Campo Grande, após os anos 20, passou a denominar-se Campo 28 de Maio, voltando posteriormente à designação inicial; a Av. 24 de Julho era antigamente uma rua, entre outros exemplos. Nesta tarefa foi muito útil o Guia de Portugal, pois além de conter material cartográfico, faz referência à localização de ruas, praças, monumentos e edifícios.

Em seguida, estas correcções foram efectuadas na listagem de locais afectados em cada inundação. Verificou-se que, para um mesmo acontecimento, o mesmo local era referido mais do que uma vez, devido aos edifícios terem sido posicionados na artéria em que se localizam. Neste caso, os locais foram eliminados. Uma vez efectuadas todas as correcções, registadas anteriormente no catálogo, ordenaram-se por ordem alfabética, todos os locais inundados referentes a todas as ocorrências. Verificou-se que algumas artérias deveriam ser objecto de um tratamento especial: ou por serem muito compridas, ou por fazerem parte de duas bacias-vertente, por terem mais que uma secção sensível a alagamento. Nesta tarefa foram muito úteis as informações contidas nas notícias, principalmente os números de porta, bem

como o trabalho de campo, de modo a identificar qual a secção ou secções do eixo ou nó mais sensíveis a inundações. Podemse enumerar os exemplos mais significativos: a Estrada de Benfica está cindida ao meio por uma cota mais elevada, daí que se tenha optado por dividi-la em Estrada de Benfica W e E; o sector oriental da Rua da Junqueira é a área mais sensível a inundações por estar mais deprimida; a Rua de S. Bento, por ser longa, foi dividida em duas secções independentes, S. Bento Norte e S. Bento Sul, esta última, por ser mais sensível a inundações, passou a ser a designação utilizada para as notícias em que apenas vinha referida a Rua de S. Bento; na Av. 24 de Julho, refere-se o nome do eixo e, especificamente o entroncamento desta avenida com a Av. Infante Santo, pelo que se consideraram duas secções distintas; na Rua de São Paulo refere-se o nome do eixo e o ponto crítico do entroncamento com a Rua das Flores; as avenidas Gago Coutinho e Estados Unidos da América são inundáveis na respectiva confluência daí que se tenha optado por considerar esse único local. Outras houve em que, embora pertencendo a duas bacias de drenagem distintas, não foi necessário proceder à respectiva subdivisão: na Av. António Augusto Aguiar, apenas há registos de inundações na secção norte; o mesmo sucedeu com a Rua Maria Pia, mais sensível a inundações no respectivo sector mais meridional, quase na confluência com a Rua do Prior do Crato. Depois de todas estas correcções os 1181 locais inicialmente considerados, ficaram reduzidos a 1077.

Todavia, a análise posterior destes 1077 locais revelou que cerca de metade apenas foi inundado uma ou duas vezes, ao longo dos 80 anos estudados. A fim de eliminar possíveis situações aleatórias de alagamento, e como o objectivo deste capítulo é o de definir as áreas mais sensíveis às inundações, foram seleccionados os locais inundados mais de 2 vezes (505).

Numa primeira tentativa de cartografia dos locais inundáveis, e nos casos em que a inundaçãõ afecta de igual forma toda a via ou nos casos de dúvida, considerou-se o ponto médio, quer do eixo (rua ou avenida) quer do nó (praça ou largo).

A figura 40 mostra que a distribuição espacial dos locais inundados inundadas na cidade de Lisboa, pelo menos uma vez (A) e mais de duas vezes (B), é muito semelhante, pelo que a análise que se segue, baseada na selecção dos 505 locais referidos, não distorce espacialmente o fenómeno.

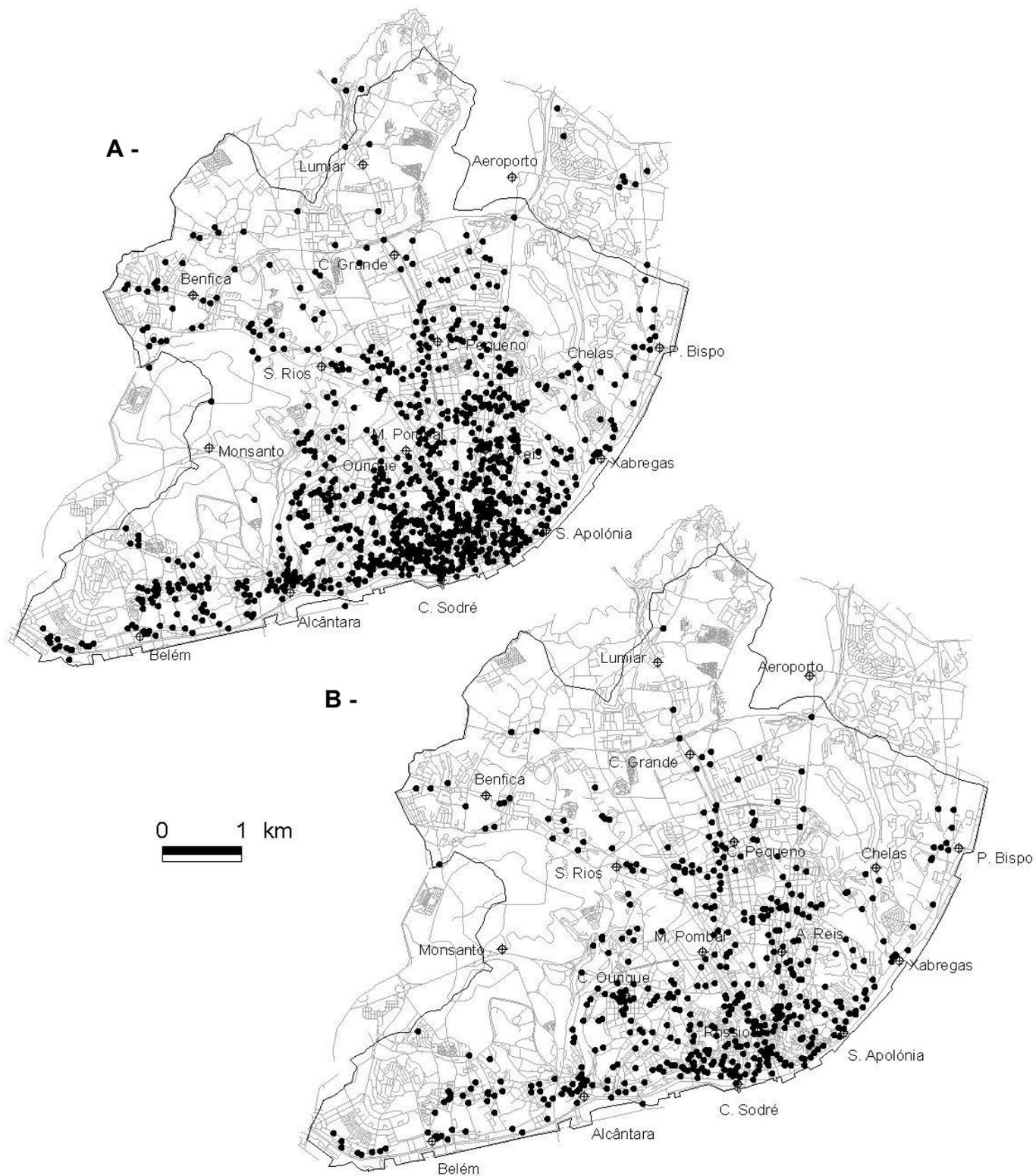
## **2. DEFINIÇÃO DOS LOCAIS INUNDADOS**

### **2.1. Locais mais afectados pelas inundações**

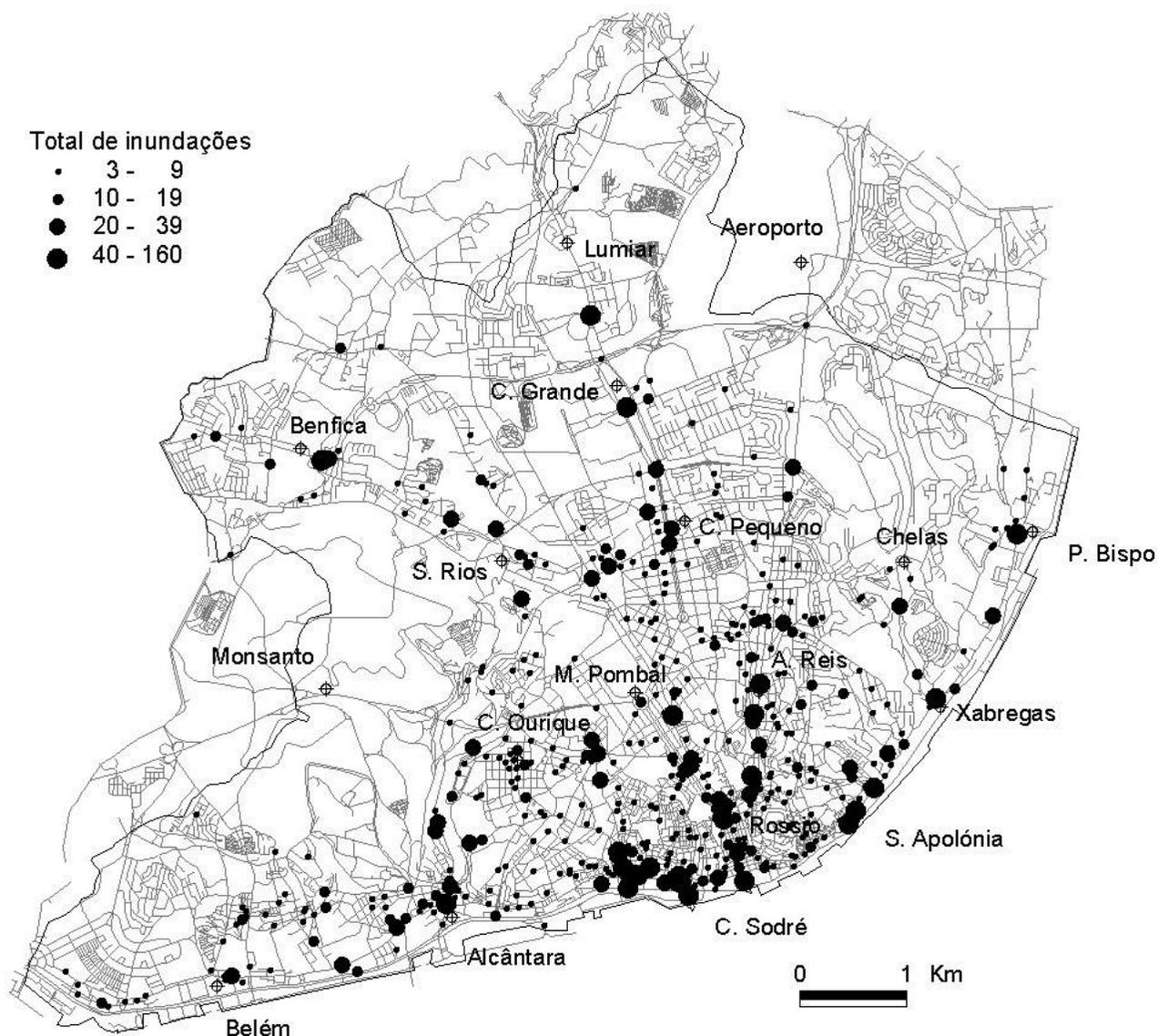
A análise do mapa da figura 41 mostra que os locais mais frequentemente inundados se distribuem principalmente: pela Frente Ribeirinha (Alcântara, Avenida 24 de Julho, ruas da Boavista e São Paulo, Cais do Sodré, Terreiro do Paço, Santa Apolónia, Caminhos de Ferro e Xabregas); pela Baixa, estendendo-se pelas avenidas Almirante Reis e Liberdade; e a partir de Sete Rios pela Estrada de Benfica e ao longo do eixo Rego / Campo Grande/Lumiar. Cerca de  $\frac{1}{4}$  dos locais representados na figura 41 foi inundado dez ou mais vezes, ou seja, pelo menos uma vez em cada oito anos.

A classe mais elevada (total de inundações  $\geq 40$ ) representa os locais que foram inundados, pelo menos, uma vez em cada dois anos, ou todos os anos, o que corresponde a 4% do total. Estes 22 locais são os de maior sensibilidade da cidade (Fig. 42). Os quatro locais mais problemáticos, ou seja, aqueles em que ocorreram uma ou mais inundações por ano, encontram-se na Frente Ribeirinha: Rua dos Caminhos de Ferro a Santa Apolónia (155 inundações nos 80 anos analisados); Av. 24 de Julho (142); Xabregas (123) e Rua de S. Paulo (90).

Dos restantes dezoito locais (ou seja, aqueles em que ocorreu uma inundação pelo menos de dois em dois anos), nove situam-se na Frente Ribeirinha: Rua da Boavista (71), Largo do Conde Barão (68), Alcântara (64), Cais do Sodré (54), Mercado da Ribeira (51), Poço do Bispo (48), Largo de Santa Apolónia (45), Rua da Bica do Sapato (41) e Terreiro do Paço (41). Seis locais na Bacia da Baixa: Rua de Santa Marta (40), no fundo do vale da Avenida da Liberdade (Vale Verde); Regueirão dos Anjos (68), Rua da Palma (51) e Av. Almirante Reis (67), no fundo do vale desta última, e Rossio (47), na confluência dos dois vales anteriores. Os três restantes localizam-se na Estrada de Benfica W (53), a N no Campo Grande (77) e na Alameda das Linhas de Torres ao Lumiar (50).



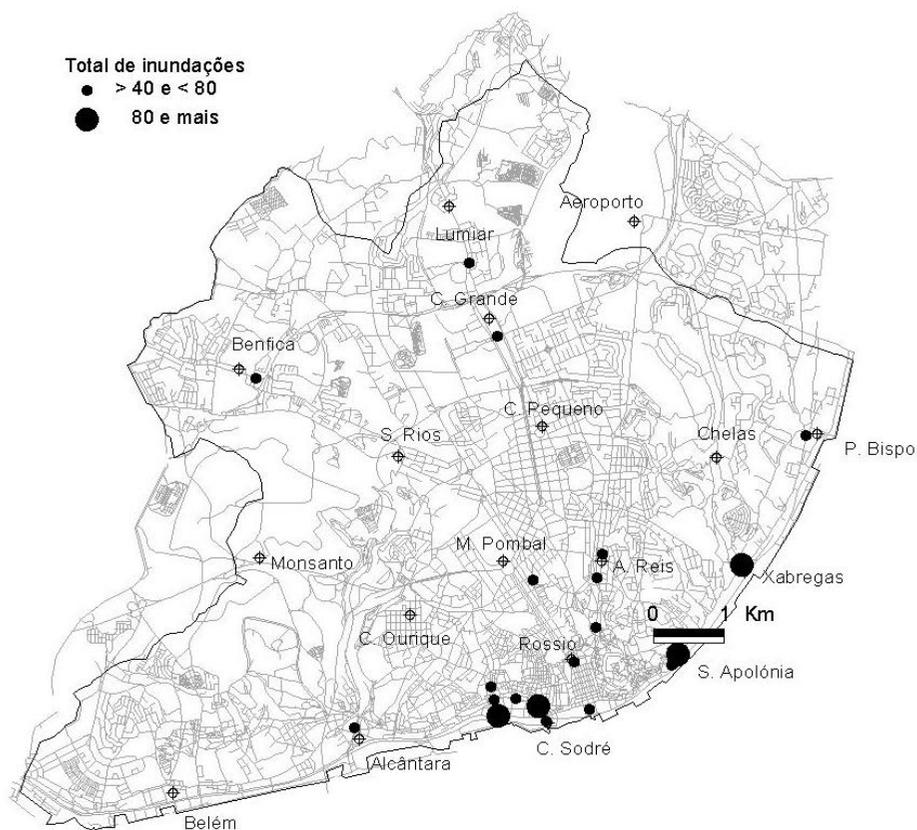
**Fig. 40 – Locais inundados na cidade de Lisboa entre 1918/19-1997/98:  
A – pelo menos uma vez, B – mais de duas vezes**



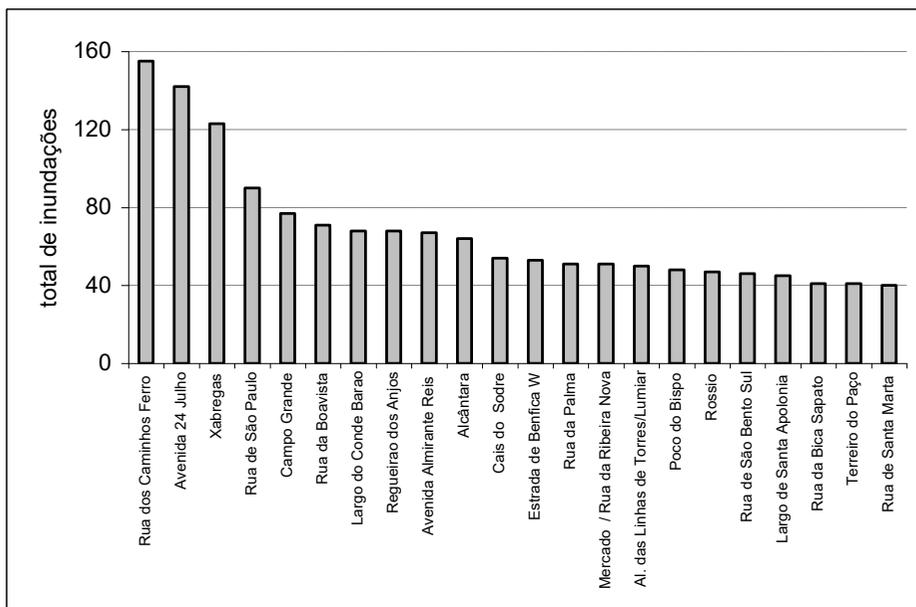
**Fig. 41 - Total de inundações por local (com mais de dois episódios) na cidade de Lisboa, entre 1918/19 e 1997/98**

Como já foi referido, para este tipo de inundações, as medições do escoamento superficial são inexistentes, no entanto alguns aspectos merecem destaque. As características dum caudal estão relacionadas com as características morfológicas da região em estudo, pois muitas vezes, a mesma quantidade de precipitação em bacias próximas, mas de características diferentes, origina caudais diferentes. Numa cidade como Lisboa, de morfologia complexa, uma mesma ocorrência, atinge magnitudes diferentes consoantes as áreas e bacias.

A -



B -



**Fig. 42 – Total de inundações nos locais de maior perigosidade da cidade de Lisboa, entre 1918/19 e 1997/98: A – repartição espacial; B – locais ordenados por total de inundações**

Nas notícias dos jornais, a altura atingida pela água, nas várias inundações, apenas é referida para alguns acontecimentos e para alguns locais. A fim de colmatar esta lacuna, foi efectuado o imprescindível trabalho de campo, com dois objectivos: obter informações junto dos comerciantes e habitantes dos 22 locais mais afectados pelas inundações, e proceder à medição dos mecanismos de protecção - comportas ou calhas, que protegem portas e janelas de habitações, estabelecimentos comerciais e outros. Existem vários tipos de mecanismos de defesa. A mais frequente é a comporta propriamente dita, feita em madeira, metal ou outro material, inserida em calhas laterais, a qual na maioria dos casos, se coloca apenas à noite; portas cuja secção inferior se encontra definitivamente emparedada; portas-comporta totalmente impermeabilizadas; portas com a base reforçada; e ainda alguns modelos mais sofisticados. Na grande maioria dos casos, só já existem as calhas laterais em metal, ou o respectivo encaixe lateral na cantaria. É de salientar que existem muitos locais onde se encontram excelentes exemplares destes mecanismos, mas cuja frequência de inundações é inferior a 40 inundações em todo o período em estudo, casos da Rua das Portas de Santo Antão, Rio Seco, estradas da Luz e Laranjeiras, Sete Rios, Praça de Espanha, Av. 5 de Outubro, entre outros. Em alguns locais da cidade, como em Benfica, a diminuição de frequência do número de inundações e as grandes remodelações que têm ocorrido levaram a que, neste momento, exista apenas um reduzido número de mecanismos de protecção. A altura destes está relacionada com o nível mais frequente que as águas atingem (ou atingiam) durante os episódios de inundações. A leitura das notícias dos jornais mostra que, nos episódios de maior magnitude, a altura das águas ultrapassou quase sempre o limite das comportas. O resultado das medições de campo efectuadas a partir das comportas encontra-se sintetizado no quadro 17. Nos locais onde foram medidas várias comportas ou calhas, considerou-se a respectiva média. São vários os tipos de comportas móveis e fixas, que protegem portas e janelas, na cidade. As de maior altura localizam-se no Regueirão dos Anjos (200 cm), Alcântara (200 cm) e Xabregas (130 cm). Por tal motivo, nos dois primeiros locais, existem portas totalmente blindadas, que funcionam no seu todo como comportas (“porta-comporta”, Fotos 1 e 2). O proprietário de um restaurante localizado em Alcântara na esquina da Rua do Alvito com a Rua Fábrica da Pólvora (Foto 1), referiu-nos que a altura atingida pela água nas inundações de 1997, foi mais elevada que a porta blindada de dois metros do seu estabelecimento, para o que contribuía as águas caídas em cascata dos adjacentes Largo de Alcântara e Av. de Ceuta, que se encontram a um nível mais elevado, superior a dois metros.



1 – “Porta-comporta” com cerca de 2 m de altura, de um restaurante em Alcântara, em posição deprimida relativamente à Av. de Ceuta. Cada traço da escala representa 10 cm.



2 – “Porta-comporta” com cerca de 2,5 m de altura, e janela blindada no Regueirão dos Anjos. Cada traço da escala representa 10 cm.

**Fotos 1 e 2 – “Portas-comporta” e janelas blindadas**

**Quadro 17 – Altura da água atingida nos locais de maior frequência de inundação, entre 1918 e 1997 (perigosidade muito elevada)**

Bairro ou Local	Total de inundações	Altura da água (cm)
Rua dos Caminhos-de-Ferro	155	90
Avenida 24 de Julho	142	65
Xabregas	123	130
Rua de São Paulo	90	50
Campo Grande	77	75
Rua da Boavista	71	45
Regueirão dos Anjos	68	200
Largo Conde Barão	68	70
Avenida Almirante Reis	67	55
Alcântara	64	120
Cais do Sodré	54	-*
Estrada de Benfica W	53	60
Rua da Palma	51	55
Mercado da Ribeira /Rua da Ribeira Nova	51	80
Alameda das Linhas de Torres /Lumiar	50	45
Poço do Bispo	48	80
Rossio	44	70
Rua de São Bento Sul	46	60
Largo de Santa Apolónia	45	90
Rua da Bica Sapato	41	50
Terreiro do Paço	41	80
Rua de Santa Marta	40	60

\* No Cais do Sodré já não existem comportas.

Contudo, o tipo mais frequente em Lisboa é constituído por comportas amovíveis mais baixas, em metal, que não chegam a tapar completamente as portas (Fotos 3 e 4). Em determinados edifícios existe mesmo a preocupação de enquadrar esteticamente a comporta na porta que protege (mesmo tipo de material e mesma cor). A foto 4 mostra um desses exemplos, na Rua de Santa Marta, rua onde, ainda hoje, são colocadas comportas durante a noite, na maioria dos estabelecimentos. Esta rua ocupa o talvegue do antigo Vale Verde (Vale da Av. da Liberdade).

Por vezes, na recuperação de edifícios antigos, em áreas frequentemente inundadas, são emparedadas algumas das portas (que passam a funcionar como janela, Fotos 5 e 6), tendo a porta que fica as já citadas comportas amovíveis.



3 - Comporta amovível de 80 cm de altura, colocada numa papelaria da Rua Dr. João Soares (ao Campo Grande). Reparar ainda nas calhas, também para encaixe de comporta, no respiradouro da cave do edifício. Cada traço da escala representa 10 cm.



4 – Comporta amovível, de 60 cm de altura, enquadrada esteticamente com a porta que protege, na Rua de Santa Marta. Cada traço da escala representa 10 cm.

#### **Fotos 3 e 4 – Comportas amovíveis**



5 – Emparedamento de antigas portas e manutenção da comporta amovível (cerca de 1,10 m de altura) na entrada do “Café - Café” em Alcântara. Cada traço da escala representa 10 cm.



6 – Emparedamento de porta antiga, com cerca de 90 cm de altura, passando a funcionar como janela, na Rua dos Caminhos-de-Ferro (a Santa Apolónia). Cada traço da escala representa 10 cm.

**Fotos 5 e 6 – Emparedamentos de antigas portas**

Existem também comportas bi-amovíveis, as quais podem estar instaladas permanentemente, mas têm uma portinhola que permite o acesso aos edifícios (Foto 7). Outro tipo de protecção é o reforço, em metal, da base das portas de madeira, para diminuir a sua degradação (apodrecimento), face à frequência das inundações (Foto 8).

Nas situações em que as portas dos edifícios se localizam abaixo do nível da rua, podem observar-se gradeamentos aos quais são aplicadas as comportas, protegendo assim as entradas desses edifícios (Foto 9). Em bairros mais pobres também são visíveis protecções na base das portas das habitações, fixas, constituídas por tijolos cimentados.

## **2.2 Caracterização dos locais inundados**

Com o objectivo de compreender quais os factores agravantes presentes em cada local inundado foi utilizado o programa Arcview GIS 3.2, que permitiu sobrepor os vários *layers* das características físicas e antrópicas, seleccionadas no Capítulo III, à cobertura que contém a totalidade dos locais inundados. Dos 505 locais foram excluídos 17 por serem demasiado abrangentes (bairros ou áreas) não permitindo a necessária análise de pormenor. Esta análise incide, por isso, sobre uma amostragem de 488 locais (97% do total). Este procedimento levou à elaboração de uma matriz binária que apresenta, para cada um dos 488 locais, a existência ou não de cada um das características. Os somatórios das colunas, respeitantes a cada uma das variáveis, forneceram as respectivas frequências absolutas que se encontram representadas nos quadros 30 e 31, nos quais, à frente de cada característica, se encontra entre parêntesis o respectivo código utilizado posteriormente na análise factorial.

### **a) OS LOCAIS INUNDADOS E AS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS**

No quadro 18, a frequência total dos oito tipos de posição topográfica e a dos três tipos de declives referem-se ao total dos locais da amostragem (488). A frequência total das duas primeiras características relativas à antiga rede de drenagem, “sobre linhas de água” (LS) e a hierarquia da linha de água (LM 1 a LM 4) é de 236, o que quer dizer que dos 488 locais inundados, 236 (48%) se posicionam sobre antigas linhas de água.



7 – Comporta bi-amovível, com portinhola de acesso ao edifício, na Rua Cais do Tojo, perto do Largo do Conde Barão. Cada traço da escala representa 10 cm.



8 – Reforço em metal da base de porta de madeira, para evitar a sua degradação pela água, na Estrada de Benfica. Cada traço da escala representa 10 cm.



9 – “Gradeamento-comporta”, com cerca de 70 cm de altura, protegendo a entrada de um prédio situado abaixo do nível da Av. 24 de Julho. Cada traço da escala representa 10 cm.

**Fotos 7, 8 e 9 – Comportas com portinhola, reforço da base das portas e “gradeamentos-comporta”**

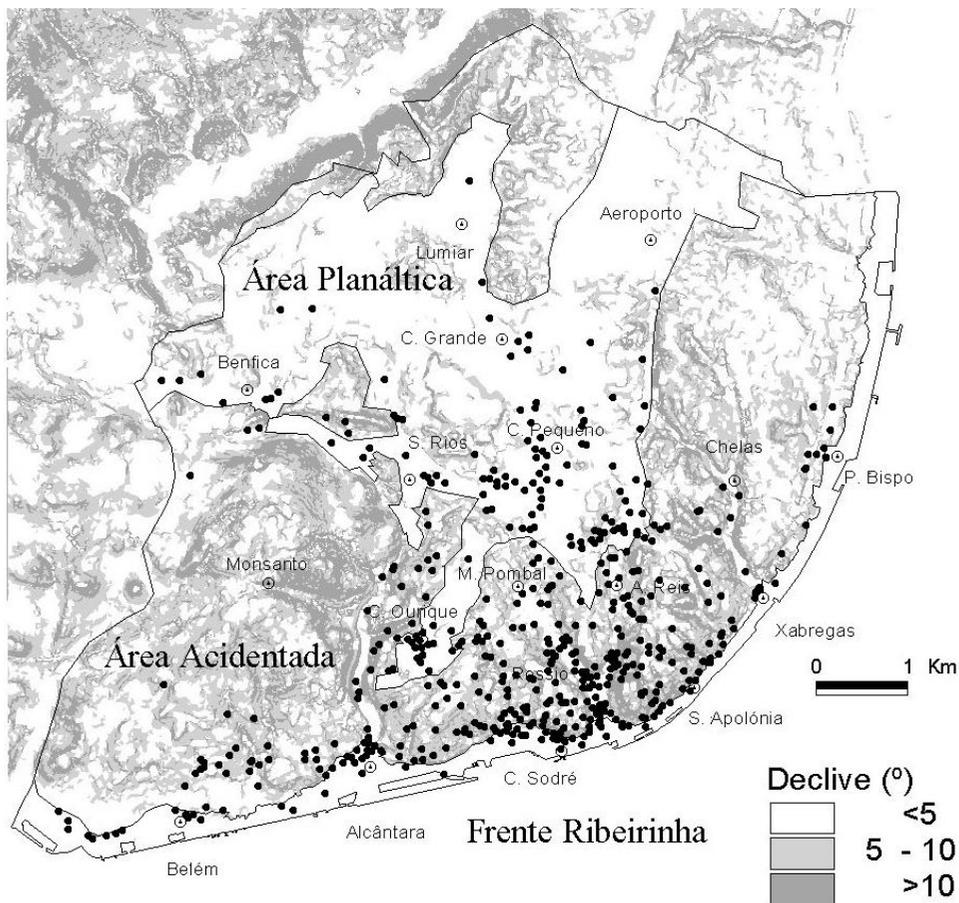
**Quadro 18 - Frequências absolutas dos locais inundados face aos factores físicos agravantes das inundações na cidade de Lisboa entre 1918/19 e 1997/98**

Posição topográfica	Interflúvio (I)	Área Planáltica A1 (IP)	24
		Área Acidentada A2 (IC)	10
		Frente Ribeirinha A3 (IF)	7
	Vertente (V)	Área Planáltica A1 (VC)	44
		Área Acidentada A2 (VP)	165
	Fundo de vale/valeiro/ talvegue/ micro-depressão (F)	Área Planáltica A1 (FP)	47
		Área Acidentada A2 (FC)	120
		Frente Ribeirinha A3 (FF)	71
	Declive (D)	< 5 ° (D1)	
5 - 10 ° (D2)		154	
>10 ° (D3)		56	
Antiga rede de drenagem (L)	Sobre a linha de água (LS)		236
	Hierarquia	1 (LM1)	97
		2 (LM2)	61
		3 (LM3)	52
		4 (LM4)	26
	Confluência (LC)		56
Sector terminal (LT)		37	

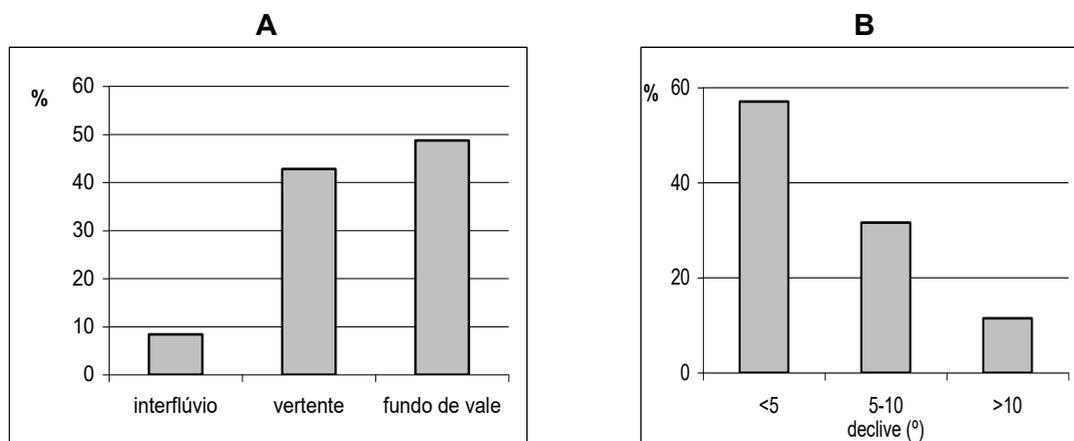
Na figura 43 estão representados os 488 locais distribuídos pelas três unidades de relevo da cidade. Do total de locais inundados, 295 (61%) localizam-se na Área Acidentada, 115 (24%) na Área Planáltica e apenas 78 (16%) na Frente Ribeirinha. A Área Acidentada sobressai como a mais afectada pelas inundações devido à sua maior extensão e pelo facto de nela se encontrarem os entalhes mais profundos (factor de convergência de águas).

Se examinarmos os locais inundados relativamente à sua posição topográfica (interflúvio vertente ou fundo de vale; figuras 44 e 45), verifica-se que os que se posicionam em fundo de vale são os mais frequentes (48%), seguidos pelos que estão nas vertentes (43%). Os locais posicionados em interflúvios apresentam frequências muito baixas, por serem áreas dispersoras de águas. Não é, por isso, de estranhar, que mais de metade (57%) dos locais inundados se

localizem em áreas pouco declivosas (declive < 5°; Fig. 44-B), ou seja, nos fundos de vale da Área Planáltica e da Área Acidentada e na Frente Ribeirinha.



**Fig. 43 – Posição dos locais inundados em cada unidade de relevo da cidade de Lisboa (1918/19 -1997/98)**



**Fig. 44 – Posição topográfica (A) e declive (B) dos locais inundados na cidade de Lisboa**

A figura 45 mostra que os locais situados em fundos de vale da Área Planáltica (8% do total) se encontram agrupados nos seguintes conjuntos: ao longo da secção norte do Vale da Av. Almirante Reis (Praça do Chile, Rua Pascoal de Melo, Alameda e Guerra Junqueiro); na Av. Gago Coutinho (Av. do Aeroporto); no “eixo” Lumiar/Campo Grande, que inflecte para ocidente na Feira Popular, pela Av. de Berna, Praça de Espanha e Av. Columbano Bordalo Pinheiro, até Sete Rios. Os dois outros conjuntos referem-se aos vales das estradas de Benfica e da Luz / Laranjeiras.

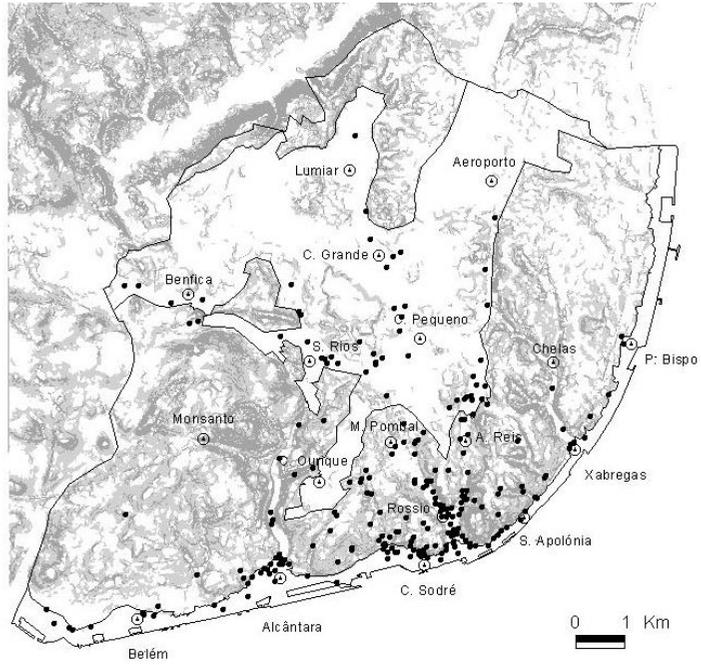
Os locais posicionados em fundos de vale da Área Acidentada (25% do total), encontram-se mais ou menos dispersos, havendo no entanto duas áreas de grande densidade de pontos: vales da Bacia da Baixa (Av. da Liberdade/Vale Verde e na secção sul do vale da Av. Almirante Reis/ Rua da Palma); e Vale de São Bento, com menor densidade de pontos. Os locais situados em talvegues da Frente Ribeirinha (15% do total), encontram-se dispersos, havendo no entanto quatro conjuntos que se destacam na desembocadura dos seguintes vales: Ribeira de Alcântara, São Bento, Baixa e Chelas.

Relativamente aos locais situados em vertente, nota-se que a maior parte dos da Área Planáltica (9% do total) se localiza no sul desta, nas Avenidas Novas e nas artérias em torno do Largo da Estefânia. A maioria dos restantes locais encontra-se dispersa, principalmente nas encostas dos vales em torno da Estrada de Benfica e em Carnide.

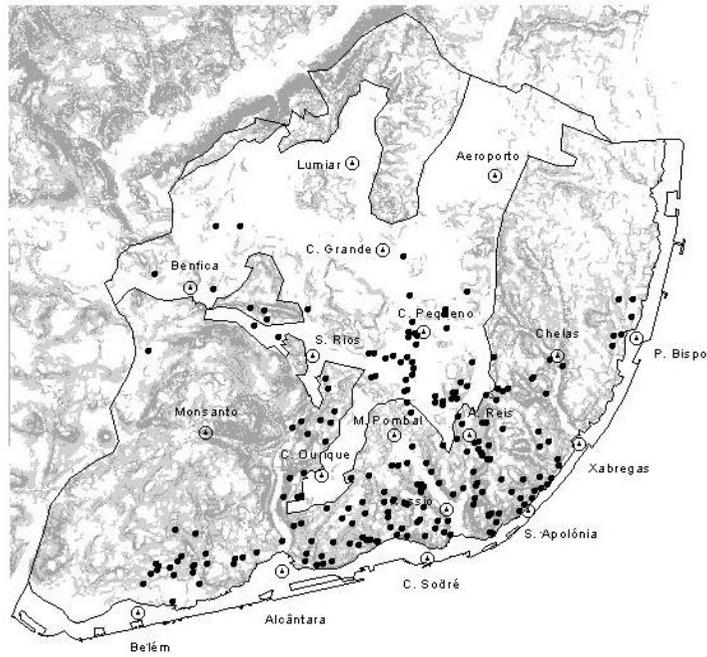
Os locais posicionados nas vertentes da Área Acidentada (39% do total), concentram-se em maior número entre o Vale da Ribeira de Alcântara e o Vale Escuro, existindo uma mancha secundária nos bairros da Ajuda e Boa-Hora, na parte ocidental da cidade.

Finalmente, os locais situados nos interflúvios da Área Planáltica encontram-se distribuídos por duas áreas: dispersos pelas Avenidas Novas e relativamente concentrados no Bairro de Campo de Ourique, e no topo de alguns dos morros, dos quais se destaca um conjunto situado nas elevações contíguas da Graça, Penha de França e Alto de S. João, e outro conjunto mais reduzido na “Sétima Colina”, que vai do Bairro Alto Norte/Rua D. Pedro V até à esquina da Rua Alexandre Herculano com a Rua Rodrigues da Fonseca. Os locais situados em micro-interflúvios da Frente Ribeirinha localizam-se na área do Cais do Sodré, na Rua da Boavista, na área de Santos (secção intermédia da Av. D. Carlos I), no Largo dos Jerónimos e na Rua Bartolomeu Dias (por trás do Centro Cultural de Belém).

**A**



**B**



C



**Fig. 45 – Locais inundados na cidade de Lisboa relativamente à sua posição topográfica:**

**A – Fundo de vale; B – Vertente; C - Interflúvio**

A figura 46-A representa os 488 locais inundados na cidade posicionados sobre a antiga rede de drenagem. Destes, e como já se referiu, cerca de metade (48%), encontra-se sobre antigas linhas de água (Fig. 46-B<sup>(2)</sup>).

Na maioria das bacias de drenagem, principalmente nas de maiores dimensões, é perfeitamente perceptível o grande número de locais alinhados ao longo das antigas linhas de água. Na antiga Ribeira de Alcântara, os locais inundados estendem-se, não só ao longo da antiga secção inferior, mas também das três principais secções superiores, principalmente na vinda do extremo Norte da cidade pelo “eixo” Lumiar/Campo Grande/Av. de Berna até à Praça de Espanha e também da que vem pela Estrada de Benfica. Nos vales da Baixa, os locais inundados estendem-se pela secção inferior - Baixa Pombalina - e pelas secções superiores da

<sup>2</sup> Chama-se a atenção que, na figura 46-B, alguns dos pontos não se encontram precisamente sobre a rede de drenagem. Quando foram cartografados optou-se por colocar os pontos no centro da via. Isto ocorreu em dois casos: nas áreas planas, principalmente em alguns eixos da Frente Ribeirinha, posicionados transversalmente às linhas de água, e nas artérias em que a secção inundável não corresponde à secção atravessada pela antiga linha de água.

Av. da Liberdade/Vale Verde e da Rua da Palma/Av. Almirante Reis). O alinhamento ao longo do “eixo” central do Vale de S. Bento é também visível.

Dos 236 locais inundados sobre antigas linhas de água, cerca de 41% encontram-se sobre antigas linhas de água com hierarquia 1 (os mais frequentes). O número de locais situados sobre linhas de água de hierarquia 2 (26%), é muito semelhante aos posicionados sobre linhas de hierarquia 3 (22%). 11% dos locais localizam-se, mesmo, sobre antigas linhas de água de hierarquia superior (4).

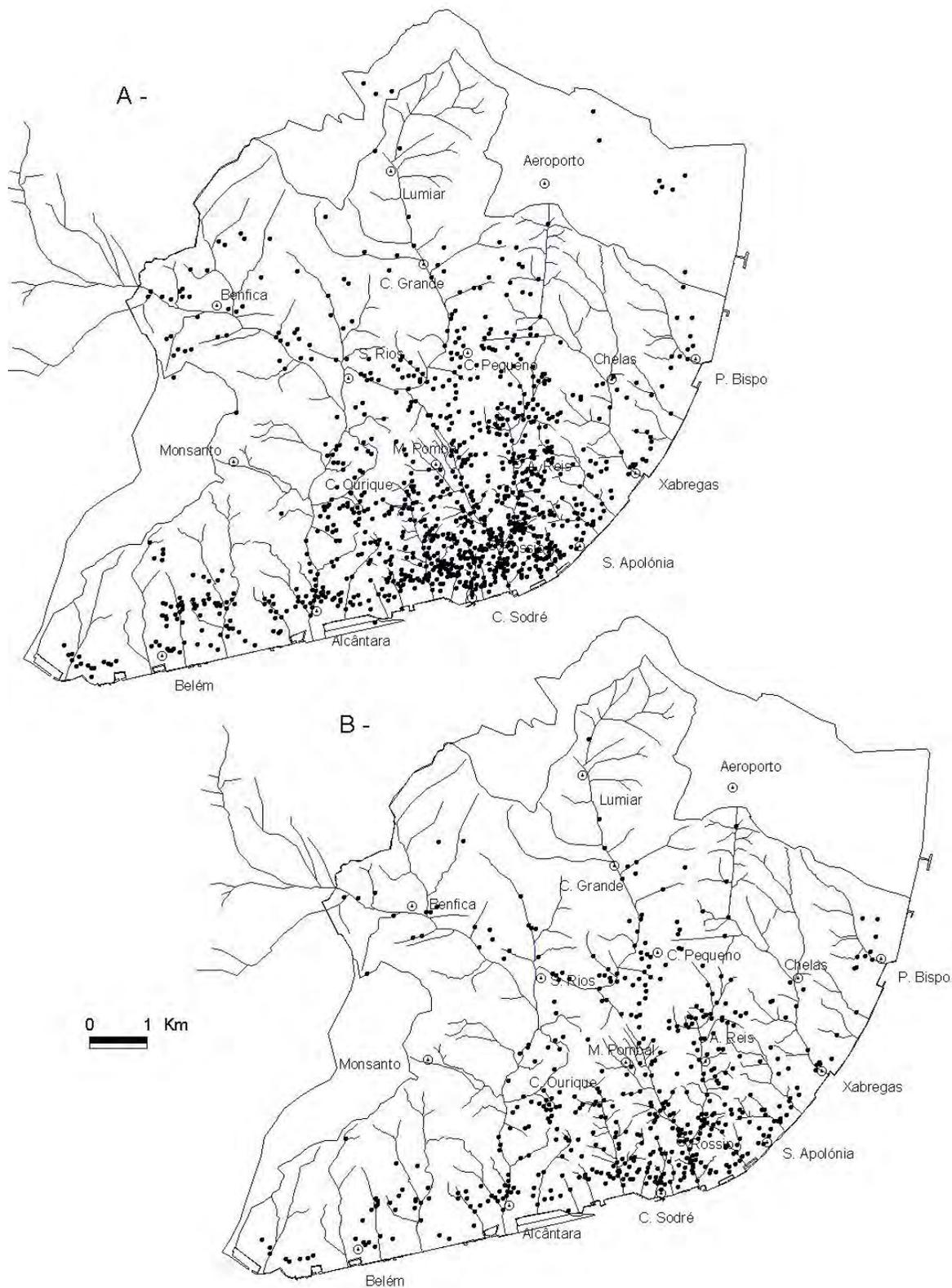
Os locais que se situam em antigas linhas de água de hierarquia 1 encontram-se dispersos pela área em estudo havendo no entanto dois conjuntos que se destacam: o da Bacia da Baixa e o da Bacia de S. Bento.

Os locais situados em antigas linhas de hierarquia 2 encontram-se mais dispersos que os anteriores, sendo possível individualizar três conjuntos: secção superior do Vale da Av. Almirante Reis, secção superior da Vale de S. Bento, e a área do Calvário/Alto de Santo Amaro. Os locais que se encontram situados em linhas de água de hierarquia 3 concentram-se no sector superior da antiga Ribeira de Alcântara (secções NW e NE), secção inferior da Bacia de S. Bento e secções médias da Bacia da Baixa, a montante do Rossio, e escassos pontos na secção inferior da Bacia do Rio Seco.

Os locais posicionados em antigas linhas de hierarquia 4 concentram-se nos sectores inferiores das bacias da Ribeira de Alcântara a jusante de Sete Rios, da Bacia da Baixa a jusante do Rossio e apenas alguns locais no sector inferior do Vale de Chelas.

De todos os locais inundados, situados sobre antigas linhas de água, cerca de  $\frac{1}{4}$  estão posicionados em antigas confluências da rede de drenagem e encontram-se distribuídos pelos eixos centrais das bacias de S. Bento e Baixa (Vale Verde e Almirante Reis) e dos sectores superiores das bacias da Ribeira de Alcântara e Chelas que apresentam densidades hídrica mais elevadas.

De todos os locais inundados sobre antigas linhas de água, 16% localizam-se ao longo da Frente Ribeirinha, concentrando-se a maioria nas desembocaduras dos vales da Ribeira de Alcântara, de São Bento e da Baixa.



**Fig. 46– Posi o dos locais inundados relativamente às antigas linhas de água da cidade de Lisboa: A - Todos os locais; B – Locais sobre linhas de água**

## b) OS LOCAIS INUNDADOS E OS ELEMENTOS DA MALHA URBANA

O quadro 19 mostra a frequência de locais inundados face aos factores agravantes antrópicos. Recorde-se que a totalidade dos locais da amostragem em estudo (488) se reparte dos seis tipos de nós e eixos (três referentes à praça/largo e três referentes à avenida/rua) e que a frequência total da “posição da via inundada face à antiga linha de água” é apenas de 236 lugares e refere-se aos que se encontram sobre linhas da antiga rede de drenagem.

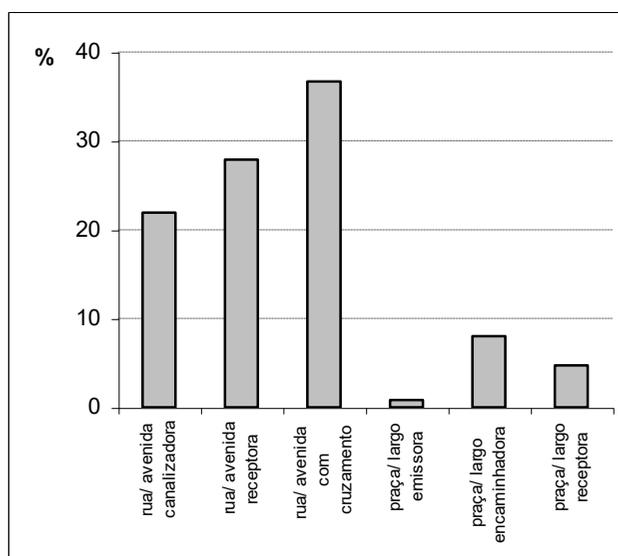
**Quadro 19 - Frequências absolutas dos locais inundados face aos factores antrópicos agravantes das inundações na cidade de Lisboa**

Praça/largo	Emissora (PE)	4
	Encaminhadora (PC)	39
	Receptora (PR)	23
Avenida/rua	Canalizadora (RC)	107
	Receptora (RR)	136
	Cruzamento (RX)	179
Posição da via face à antiga linha de água	Paralela (LP)	114
	Perpendicular (LR)	75
	Oblíqua (LO)	47
Áreas deprimidas artificialmente	Túneis (AT)	4
	Viadutos (AV)	1
	Outros (AO)	35
Barreiras artificiais	Muros/Prédios (BA)	17

Da totalidade dos locais inundados, 86% situam-se em ruas/avenidas e 14% em praças/largos (Fig. 47), o que não deve ser alheio ao facto de, na cidade, ser maior o número de eixos do que o de nós. Os cruzamentos de ruas são pontos sensíveis, pois neles se encontra a escorrência proveniente de ruas diferentes. Assim, 37% dos locais inundados localizam-se em cruzamentos, logo seguidos de ruas que recebem a escorrência de outras (28%) e, conseqüentemente, onde se acumula a água.

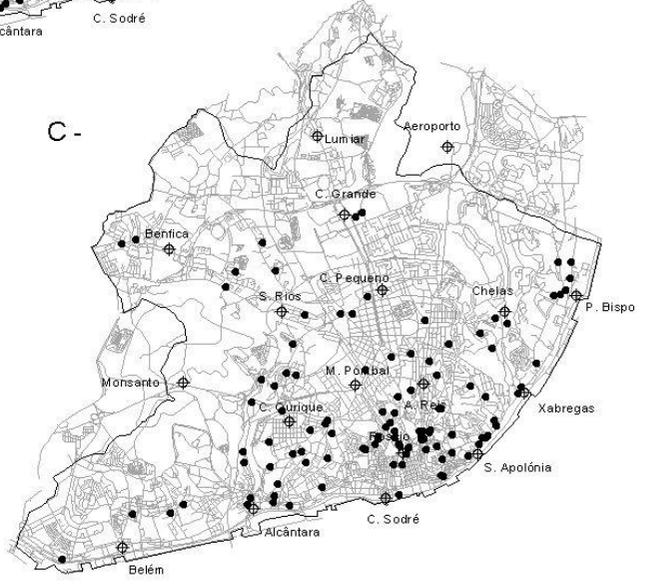
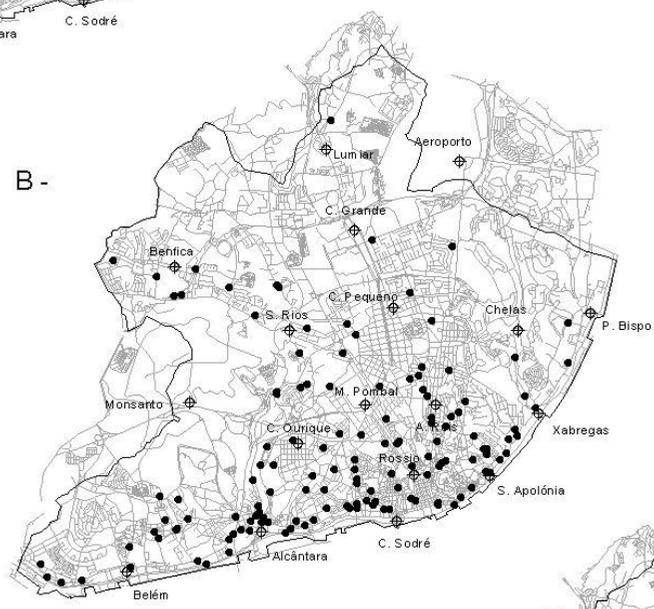
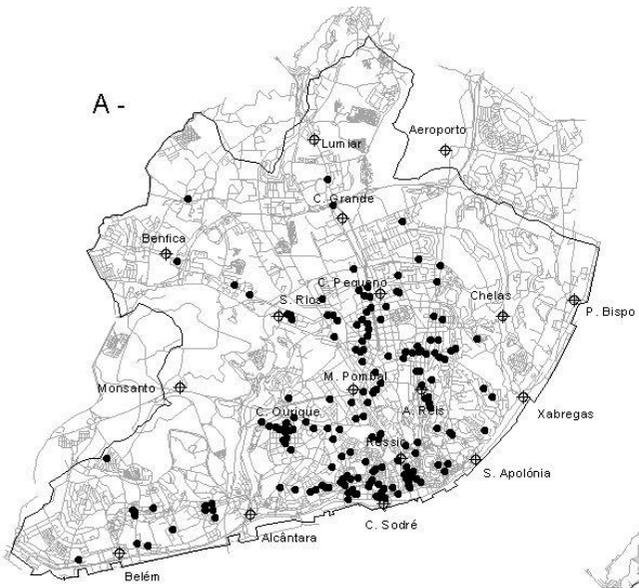
A maioria das vias (ruas/avenidas) com cruzamentos onde ocorrem inundações (Fig. 48-A) localiza-se em áreas pouco declivosas da Área Planáltica (Avenidas Novas, Arroios e Campo de Ourique) e da Frente Ribeirinha (áreas do Cais do Sodré e Santos). A maioria das ruas

receptoras (Fig. 48-B), pelo contrário, distribuí-se pela Área Acidentada, havendo, no entanto, um número elevado na Frente Ribeirinha, principalmente junto da linha de contacto com a Área Acidentada, ou seja, no sopé das vertentes (vertente ribeirinha). Apesar de dispersas pela área em estudo, a grande maioria das ruas canalizadoras (Fig. 48-C) localiza-se na Área Acidentada, visto ser nesta que se dá a passagem da água das áreas mais elevadas para as mais baixas da cidade.

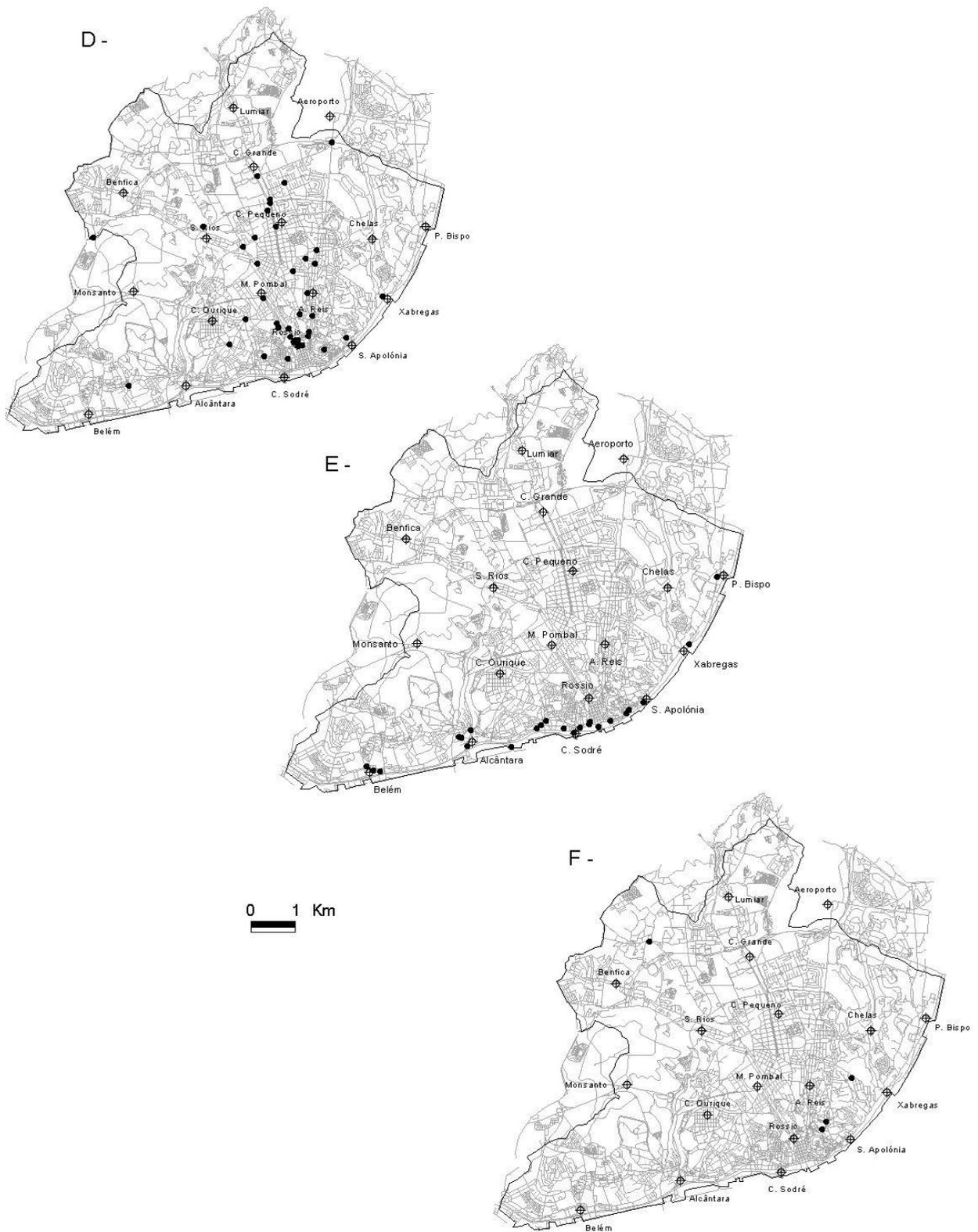


**Fig. 47 – Frequência dos locais inundados relativamente aos diversos elementos da malha urbana**

As 39 praças encaminhadoras, que representam 8% do total dos locais inundados (Fig. 48-D), encontram-se dispersas pelo sul da Área da Planáltica e, em maior número, concentradas em vales da Área Acidentada, principalmente no da Av. da Liberdade e no da Rua da Palma/Av. Almirante Reis. Algumas localizam-se inclusivé na confluência de vários vales, das quais se podem apontar os exemplos mais significativos: Largo do Rato, Rotunda do Aeroporto, Praça do Chile e Marquês de Pombal. Dentro das praças é normal que as encaminhadoras sejam as que apresentam maior perigosidade devido ao efeito de “funil” que exercem sobre os fluxos, como acontece com o Largo de São Domingos ao Rossio. As 23 praças receptoras (5%), localizadas na Frente Ribeirinha (Fig. 48-E), encontram-se na sua maior parte situadas a ocidente do Terreiro do Paço, em Belém, Alcântara e Santos, estando a maioria nas desembocaduras dos grandes vales. Dos quatro locais inundados, situados em praça emissora (Fig. 48-F), três encontram-se posicionados em interflúvios da Área Acidentada: Largo da Graça, largo por trás da Igreja da Graça (no largo contíguo ao Largo da Graça) e Alto de S. João. O quarto local refere-se ao Largo da Luz, já posicionado na Área Planáltica.

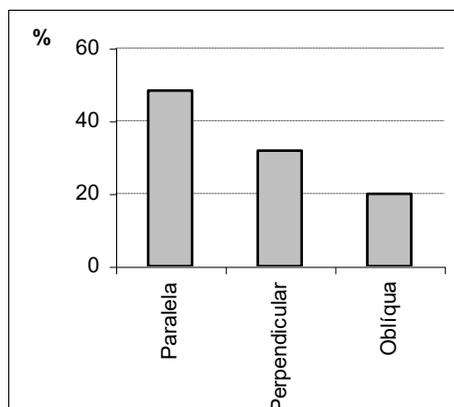


0 1 Km



**Fig. 48 - Posição dos locais inundados da cidade de Lisboa, relativamente aos três tipos de eixos e nós; A – Cruzamento de vias; B – Vias receptoras; C – Vias canalizadoras; D – Praça encaminhadora; E – Praça receptora; F – Praça emissora**

Relativamente à posição das artérias face às antigas linhas de água (Fig. 49), cerca de metade (48%) são paralelas. A maioria das vias paralelas à antiga linha de água são artérias posicionadas em fundos de vale das bacias de drenagem da cidade.



**Fig. 49 - Posição das vias inundadas face às antigas linhas de água**

Estes factos confirmam que a perigosidade é maior nas artérias paralelas à antiga linha de água, devido à coincidência de direcção da linha e eixo urbano, que incrementa e acelera os fluxos de água em situação de inundaçãõ, e ao facto de receberem as águas lateralmente das ruas que descem as vertentes, como acontece com a Rua das Portas de Santo Antão.

As artérias posicionadas perpendicularmente às antigas linhas de água predominam na Área Acidentada e na Frente Ribeirinha, sendo escassas as que existem na Área Planáltica. Na Área Acidentada esta posição resulta da construção nas vertentes de bairros com malha ortogonal, cujos eixos perpendiculares à antiga linha de água são paralelos às curvas de nível (áreas do Conde de Redondo e do Alto de Sto. Amaro); outros referem-se às ruas secundárias (W - E) da Baixa Pombalina onde a amplitude do vale e o fundo plano permitiram que nela se instalasse a malha ortogonal. Outras, em menor número, existem em áreas de malha não regular e localizam-se em encostas declivosas, como acontece na vertente do morro da Graça/Penha de França que desce para a Av. Almirante Reis. As artérias inundáveis que se localizam ao longo da Frente Ribeirinha, principalmente nas áreas de Santos e Cais do Sodré, posicionam-se perpendicularmente às linhas de água que afluem de Norte.

As artérias posicionadas obliquamente às antigas linhas de água predominam na Área Acidentada, como acontece com a Av. da Liberdade, sendo em menor número na Área Planáltica e praticamente inexistentes na Frente Ribeirinha. Na Área Acidentada essa posição deve-se à complexidade do relevo e à irregularidade da malha urbana, ou quando a malha regular/ortogonal se dispõe obliquamente à rede de drenagem, como acontece no Bairro das Colónias. Este último caso ocorre também em alguns locais da Área Planáltica, sendo disso exemplo a área norte das Avenidas Novas.

Foram ainda detectados 40 locais (8% do total) artificialmente deprimidos (túneis, viadutos ou micro-depressões em determinados sectores das ruas), onde a água se acumula, e que têm problemas crónicos de inundação. Salientam-se: o viaduto Duarte Pacheco (o único registado) e os túneis do Campo Grande, do Campo Pequeno e os dois que se encontram na Av. Calouste Gulbenkian. A estes locais juntam-se mais dezassete, em que muros e prédios funcionam como barreiras à circulação das águas agravando os efeitos das inundações locais. Estes últimos localizam-se na sua maior parte, na Frente Ribeirinha, sendo os casos mais notáveis: a confluência entre a Rua 1º de Maio e a Rua Luís de Camões, em Santo Amaro, em que um prédio se localiza em frente à Rua Luís de Camões (que desce a vertente); o muro da linha do comboio, no entroncamento com a Av. 24 de Julho em frente à Av. Infante Santo; o entroncamento da Rua da Bica do Sapato com a Rua Diogo Cão (continuação para jusante da Rua do Vale de Santo António), a qual se posiciona em frente à ala Norte da Estação de Santa Apolónia.

A análise efectuada permite verificar que a maioria dos locais inundados se encontra posicionada em fundos de vale, logo seguidos pelas vertentes. O facto da maioria dos locais se encontrar em áreas de fraco declive, mostra claramente que a perigosidade de inundação é maior nos locais de chegada e de acumulação de águas.

Cerca de metade dos locais da cidade não estão instalados em cima de antigas linhas de água, o que revela que a malha urbana, por si só, funciona como uma rede organizada de fluxos em situação de inundação. No entanto, os locais inundados, e principalmente os de maior perigosidade, encontram-se localizados em vias que se estendem paralelamente às linhas de água, em especial as que apresentam maior hierarquia.

O número de locais posicionados em interflúvio é muito reduzido. No entanto, já é significativo o facto de poderem ocorrer inundações nesses locais elevados, o que só é possível graças à impermeabilização e à construção que permite a concentração de água nesses locais.

Existe, por outro lado, uma relação entre o declive e o tipo de malha: predominam as malhas regulares nas áreas de declives mais suaves, enquanto nas áreas de declives mais vigorosos essas malhas são menos frequentes, existindo aí um emaranhado de ruas canalizadoras e receptoras. Os locais que se encontram em áreas deprimidas artificialmente e junto de barreiras artificiais (principalmente na Frente Ribeirinha) são em número reduzido, mas são decisivos na perigosidade das áreas inundadas.

### 2.3. Tipologia dos locais afectados pelas inundações

Este ponto destina-se a concluir a análise das relações entre os diversos factores agravantes estudados e apresentar os que estão mais relacionados com os locais de maior frequência de inundações. Achou-se conveniente utilizar a factorização para seleccionar os factores mais significativos, que servirão de base à associação de locais em áreas de características idênticas. Os locais serão agrupados em áreas/bairros de forma a uniformizar toda a informação, ao longo do período em estudo, para posterior análise da evolução temporal das áreas inundadas.

Para tal, utilizou-se a matriz binária construída no ponto anterior, que evidencia a existência ou não de cada característica, para cada um dos 488 locais, primeiro passo da Análise Multivariada. À referida matriz adicionaram-se seis colunas, referentes a seis classes de locais, definidos pelo respectivo número de inundações. Estas seis modalidades são projectadas em variáveis suplementares, ou seja, nos gráficos, surgem posicionadas em função do seu valor, mas não interferem na factorização.

As seis classes de frequência de inundações foram estabelecidas para os 488 locais da amostra (Quadro 20).

**Quadro 20 - Classes de locais segundo a frequência de inundações  
(1918/19-1997/98)**

Total de Inundações	N.º de locais	%	Frequência de ocorrência	N.º de inundações prováveis por década	Código
3-4	190	39	Reduzida	0,4 a 0,5	N1
5-9	167	34	Médio – Reduzida	0,6 a 1,1	N2
10-19	73	15	Médio – Elevada	1,3 a 2,4	N3
20-39	38	8	Elevada	2,5 a 4,9	N4
40-80	16	3	Muito elevada	5 a 9,9	N5
>80	4	1	Extremamente elevada	≥ 10	N6

Antes de proceder à factorização, achou-se conveniente verificar a relação existente entre todas as variáveis. Para tal, utilizou-se o programa Statistica 5.1 e calculou-se o coeficiente de correlação de “Spearman” entre todas as modalidades, por se tratarem de variáveis qualitativas. Das muitas correlações significativas seleccionaram-se apenas, por comodidade de análise, as dez mais elevadas, as quais apresentam um valor  $\geq + 0,40$  (Quadro 21).

**Quadro 21 - Correlações positivas  $\geq + 0,40$  entre as variáveis**

Variáveis		Coefficiente de correlação
Declives médios	Vertente da Área Acidentada	+ 0,43
Praça emissora	Interflúvio da Área Acidentada	+ 0,47
Praça receptora	Talvegue da Frente Ribeirinha	+ 0,40
Sobre linha de água	Fundo de Vale da Área Acidentada	+0,43
Via paralela à antiga linha de água	Sobre linha de água	+ 0,56
Via perpendicular à antiga linha de água	Sobre linha de água	+ 0,44
Antiga linha de água de hierarquia 1	Sobre linha de água	+ 0,51
Sector terminal de antiga linha de água	Talvegue da Frente Ribeirinha	+ 0,67
Via paralela à antiga linha de água	Fundo de Vale da Área Acidentada	+ 0,44
Via paralela à antiga linha de água	Confluência de antigas linhas de água	+ 0,50

Estes valores confirmam, de certa forma, muitas das relações já detectadas na descrição espacial e estatística das variáveis: a grande maioria dos locais inundados, posicionados em vertentes da Área Acidentada (VC) apresentam declives médios entre 5 e 10° (D2). As praças

emissoras (PE) encontram-se principalmente em interflúvios da Área Acidentada (IC) e as praças receptoras (PR) encontram-se sobretudo em talvegues da Frente Ribeirinha (FF).

Mas, a maioria destas correlações referem-se às variáveis relacionadas com a antiga rede de drenagem: os locais que se encontram sobre antigas linhas de água (LS) estão em fundos de vale da Área Acidentada (FC); a maioria dos locais que se encontram sobre antigas linhas de água (LS) encontram-se em vias dispostas paralela (LP) e perpendicularmente (LR) a estas, e sobre linhas de água de hierarquia 1 (LM1); os locais posicionados no sector terminal de antigas linhas de água (LT) localizam-se em talvegues da Frente Ribeirinha (FF). Estes valores confirmam ainda que os locais inundados situados em fundos de vale da Área Acidentada (FC) pertencem a vias geralmente paralelas (LP). É também muito significativa a correlação LP-LC, o que mostra que muitos dos locais inundados situados em vias paralelas às antigas linhas de água também se encontram na confluência de muitas delas.

A matriz binária, que se trata de uma matriz disjuntiva, foi introduzida no Programa Andad (versão 7b) tendo-se utilizado a opção “Análise das Componentes Binárias”. A matriz ficou composta por 488 linhas, referentes a cada um dos locais inundados, e 37 colunas: 31 referentes a modalidades activas (características físicas e da malha urbana) e 6 a modalidades suplementares, referentes às seis classes de frequência de ocorrência de inundações.

Resultou uma variabilidade total explicada em 27 eixos (Quadro 22), em que os seis primeiros explicam cerca de 45% da variabilidade. A partir da análise do histograma de valores próprios, isto é, das projecções dos indivíduos e propriedades nos eixos factoriais, foram seleccionados enquanto objecto de análise os seis primeiros eixos, uma vez que abrangem a quase totalidade das variáveis.

As contribuições absolutas encontram-se representadas no quadro 23, estando as consideradas significativas ( $> 3,2$ ) para a construção de cada eixo representadas a negrito ( $100 / 32$  modalidades activas =  $3,22$ ). Na análise factorial interessa reter as variáveis, sempre que possível, logo nas primeiras projecções, devido ao maior peso explicativo dos respectivos eixos, no entanto, a necessidade de efectuar uma interpretação mais exaustiva levou a que, em algumas modalidades, as respectivas contribuições significativas fossem destacadas em mais do que um eixo. Este procedimento foi efectuado quando a contribuição dessa modalidade é significativa em mais do que um eixo, por se tornar necessário efectuar associações com modalidades que surgem em eixos posteriores. Nas modalidades FP, LS, LC, LM1, LM2, LM3, LM4, LR, LO, AT, AO e BA as contribuições absolutas não são suficientes,

tendo-se recorrido à respectiva contribuição relativa mais elevada (destacada a negrito), sendo os resultados obtidos considerados satisfatórios na sua maior parte.

**Quadro 22 - Valor próprio e percentagens de explicação dos 27 eixos**

	VAL.PROP	% EXP	% ACU	HISTOGRAMA DOS VALORES
1	<b>0.55691</b>	<b>9.89</b>	<b>9.89</b>	.....
2	<b>0.50028</b>	<b>8.89</b>	<b>18.78</b>	.....
3	<b>0.44893</b>	<b>7.98</b>	<b>26.76</b>	.....
4	<b>0.36337</b>	<b>6.46</b>	<b>33.21</b>	.....
5	<b>0.33847</b>	<b>6.01</b>	<b>39.23</b>	.....
6	<b>0.29855</b>	<b>5.30</b>	<b>44.53</b>	.....
7	0.29108	5.17	49.70	....
8	0.25670	4.56	54.26	....
9	0.24353	4.33	58.59	....
10	0.21961	3.90	62.49	....
11	0.21786	3.87	66.36	....
12	0.20631	3.67	70.03	....
13	0.18388	3.27	73.30	...
14	0.17537	3.12	76.41	...
15	0.16705	2.97	79.38	...
16	0.15781	2.80	82.18	...
17	0.14912	2.65	84.83	...
18	0.14349	2.55	87.38	...
19	0.13429	2.39	89.77	..
20	0.12052	2.14	91.91	..
21	0.11486	2.04	93.95	..
22	0.09872	1.75	95.70	..
23	0.09106	1.62	97.32	..
24	0.05686	1.01	98.33	.
25	0.05236	0.93	99.26	.
26	0.04036	0.72	99.98	.
27	0.00124	0.02	100.00	.

A análise das variáveis suplementares é efectuada em simultâneo com a das activas, tendo-se considerado significativa uma contribuição relativa igual ou superior a 0,04 (1 / n.º de eixos = 0,04; Quadro 24). As variáveis N3, N4 e N6 não apresentam um valor suficiente, pelo que não poderão ser relacionadas com as restantes.

Os gráficos da figura 50 representam o cruzamento do eixo 1 com os restantes (2 a 6).

Na projecção dos dois primeiros eixos, as variáveis explicadas pelo primeiro eixo associam-se da seguinte forma:

Do lado esquerdo, as vertentes da Área Acidentada (VC), os declives moderados e fortes (D2 e D3) e as ruas canalizadoras (RC) associam-se aos locais de reduzido número de inundações (N1). Como já se tinha observado, os locais de reduzida frequência de inundações, onde

apenas ocorreram 3 ou 4 episódios de inundação, posicionam-se na Área Acidentada onde predominam os declives médios e fortes ( $>5^\circ$ ) e são, na sua maioria, ruas canalizadoras.

**Quadro 23 - Contribuições absolutas e relativas das variáveis activas nos seis primeiros eixos**

	C. Absolutas						C. Relativas						*	
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F1	F2	F3	F4	F5	F6		
IP	0.8	0.1	0.4	<b>33.3</b>	5.9	5.6	*	0.02	0.00	0.01	0.44	0.07	0.06	*
IC	3.3	<b>42.7</b>	0.2	1.6	0.3	0.1	*	0.06	0.65	0.00	0.02	0.00	0.00	*
IF	<b>5.6</b>	0.3	33.3	4.1	25.8	1.7	*	0.09	0.00	0.45	0.05	0.26	0.02	*
VP	0.5	0.8	0.4	<b>12.1</b>	1.6	0.1	*	0.01	0.02	0.01	0.17	0.02	0.00	*
VC	<b>24.8</b>	2.1	6.7	0.1	0.2	0.3	*	0.63	0.05	0.14	0.00	0.00	0.00	*
FP	0.7	0.3	<b>2.1</b>	0.0	1.2	0.0	*	0.02	0.01	<b>0.06</b>	0.00	0.02	0.00	*
FC	0.0	0.7	<b>3.7</b>	0.7	<b>6.3</b>	0.2	*	0.00	0.03	0.13	0.02	0.17	0.00	*
FF	<b>5.5</b>	0.9	5.2	<b>5.7</b>	<b>17.8</b>	0.2	*	0.17	0.02	0.13	0.11	0.32	0.00	*
D1	<b>9.3</b>	0.3	0.3	2.8	1.9	2.7	*	0.45	0.01	0.01	0.09	0.06	0.07	*
D2	<b>11.3</b>	0.5	0.3	0.5	0.2	<b>20.3</b>	*	0.34	0.01	0.01	0.01	0.00	0.33	*
D3	<b>10.7</b>	0.6	2.9	0.9	0.6	<b>23.1</b>	*	0.24	0.01	0.05	0.01	0.01	0.28	*
LS	0.3	1.5	<b>2.9</b>	1.7	1.3	0.4	*	0.03	0.14	<b>0.25</b>	0.12	0.08	0.02	*
LC	0.9	0.9	<b>2.7</b>	0.8	3.3	0.2	*	0.04	0.04	<b>0.11</b>	0.03	0.10	0.01	*
LT	2.1	0.7	0.4	<b>4.2</b>	<b>5.6</b>	0.0	*	0.10	0.03	0.02	0.13	0.16	0.00	*
LM1	0.6	0.2	0.8	0.0	<b>1.5</b>	1.0	*	0.03	0.01	0.03	0.00	<b>0.04</b>	0.02	*
LM2	0.4	0.6	0.5	<b>1.4</b>	0.0	0.5	*	0.02	0.02	0.02	<b>0.04</b>	0.00	0.01	*
LM3	1.0	0.6	<b>2.3</b>	0.3	1.3	0.2	*	0.04	0.02	<b>0.08</b>	0.01	0.03	0.01	*
LM4	0.8	0.4	0.1	<b>1.8</b>	0.2	0.2	*	0.03	0.02	0.00	<b>0.05</b>	0.00	0.00	*
PE	3.7	<b>41.7</b>	0.4	2.4	0.7	0.0	*	0.06	0.63	0.00	0.03	0.01	0.00	*
PC	0.3	0.3	2.1	0.0	<b>3.3</b>	0.4	*	0.01	0.01	0.05	0.00	0.06	0.01	*
PR	<b>8.4</b>	0.9	23.2	0.2	1.0	0.0	*	0.19	0.02	0.43	0.00	0.01	0.00	*
RC	<b>6.7</b>	0.5	1.5	0.6	0.6	<b>20.4</b>	*	0.18	0.01	0.03	0.01	0.01	0.29	*
RR	1.3	0.2	2.2	1.4	<b>7.2</b>	8.1	*	0.04	0.00	0.05	0.03	0.13	0.13	*
RX	0.1	0.3	1.1	<b>18.1</b>	0.3	0.5	*	0.00	0.01	0.03	0.40	0.01	0.01	*
LP	0.4	1.0	<b>3.2</b>	0.7	<b>4.8</b>	0.0	*	0.02	0.05	0.14	0.02	0.16	0.00	*
LR	0.3	0.5	0.0	<b>2.2</b>	1.5	0.1	*	0.01	0.02	0.00	<b>0.07</b>	0.04	0.00	*
LO	0.1	0.1	0.8	0.1	0.4	<b>3.6</b>	*	0.00	0.00	0.03	0.00	0.01	0.08	*
AT	0.0	0.0	0.1	0.2	0.0	<b>0.3</b>	*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.01</b>	*
AV	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	<b>8.7</b>	*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.10	*
AO	0.3	0.1	0.2	0.8	<b>2.6</b>	0.3	*	0.01	0.00	0.00	0.02	<b>0.05</b>	0.00	*
BA	0.0	0.1	0.0	1.4	<b>2.4</b>	0.7	*	0.00	0.00	0.00	0.04	<b>0.06</b>	0.01	*

**Quadro 24 - Contribuições relativas das modalidades suplementares nos seis primeiros eixos**

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
N1	<b>0.13</b>	0.07	0.02	0.02	0.00	0.00
N2	0.00	0.02	0.03	<b>0.05</b>	0.02	0.00
N3	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N4	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00
N5	<b>0.04</b>	0.01	0.02	0.00	0.02	0.00
N6	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00

Do lado direito, os talwegues e micro-interflúvios da Frente Ribeirinha (FF e IF), os fracos declives (D1) e as praça receptoras (PR) associam-se aos locais de frequência muito elevada (N5). Esta associação confirma que os locais de frequência muito elevada (cinco a nove inundações por década) se localizam na Frente Ribeirinha, quer em talwegues, quer em micro-interflúvios, onde predominam os fracos declives (0° - 5°) e sobretudo nas praças receptoras.

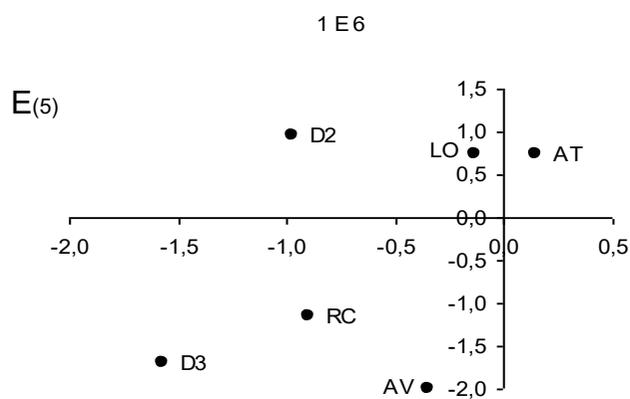
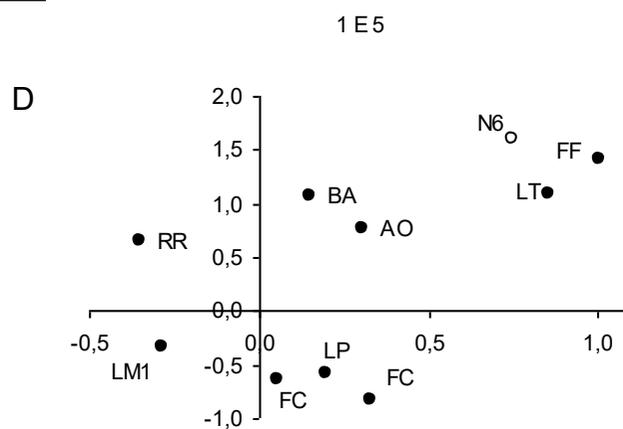
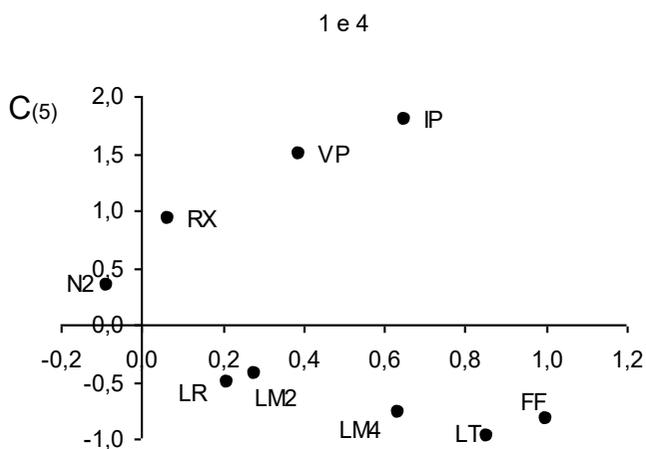
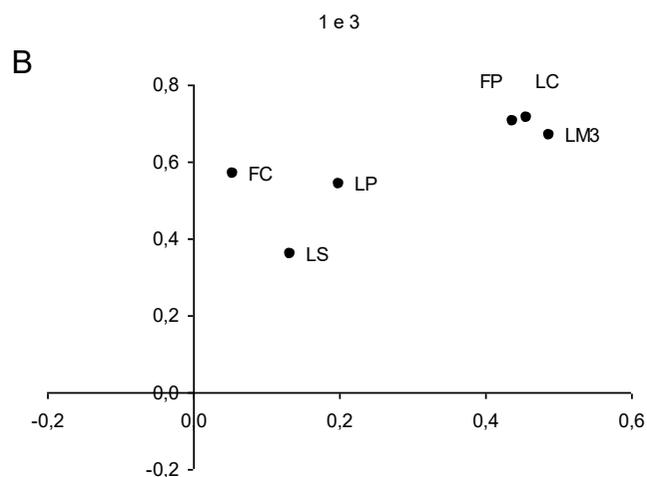
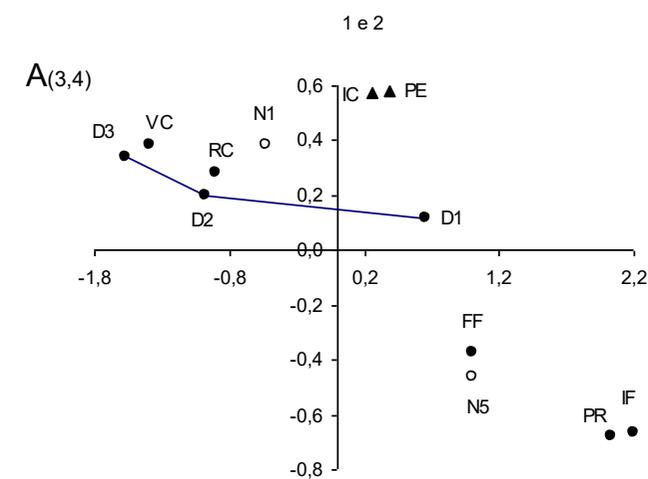
No mesmo gráfico, mas ao longo do eixo 2, do lado superior surgem os interflúvios da Área Acidentada (IC) associados às praças emissoras (PE), ou seja, as praças de divergência de águas, como sucede principalmente nos morros contíguos da Graça e Penha de França.

Na projecção dos eixos 1 e 3, do lado de cima, os fundos de vale, da Área Acidentada (FC) e da Área Planáltica (FP), surgem associados à posição sobre linha de água (LS), às linhas de hierarquia 3 (LM3) e à via disposta paralelamente à linha de água (LP). Esta associação mostra que as vias inundadas situadas em fundos de vale se posicionam sobre antigas linhas de água, já de uma certa magnitude, e que existe ou uma coincidência entre a direcção da via e a da antiga linha de água, ou que a via se situa sobre a confluência de linhas de água da antiga rede de drenagem.

No cruzamento do eixo 1 com o 4, surgem do lado de cima, os interflúvios e vertentes, da Área Planáltica (IP e VP) associados aos cruzamentos de vias (RX) e aos locais de frequência médio-reduzida (N2). Esta associação mostra que os locais inundados na Área Planáltica se referem a ruas com cruzamentos, quer em posição de vertente quer de interflúvio, apresentando uma perigosidade médio-reduzida.

Do lado de baixo, surgem os talwegues da Frente Ribeirinha (FF) associados aos sectores terminais das linhas de água (LT), às vias perpendiculares às linhas de água (LR), e às linhas de hierarquia 2 e 4 (LM2 e LM4). Esta associação mostra que os talwegues da Frente Ribeirinha se associam aos sectores terminais das antigas linhas de água, sendo algumas as de maior magnitude, e cortam na perpendicular as vias que seguem ao longo da Frente Ribeirinha.

No cruzamento do eixo 1 com o 5, do lado de cima, surgem os talwegues da Frente Ribeirinha (FF), o sector terminal das linhas de água (LT), as áreas deprimidas artificialmente (AO), as barreiras artificiais (BA) e a ruas receptoras (RR).



**Fig. 50 - Cruzamento do eixo 1 (horizontal) com os restantes: com 2 (A); com 3 (B)– com 4 (C); com 5 (D); com o 6 (E).**

As modalidades suplementares encontram-se representadas por circunferências.

(3) Os pontos referentes às modalidades PE, IC e PR estavam a mais 2,5 desvios padrão do centro, pelo que foram postos ficticiamente sobre os lados do gráfico. O valor real de Y é de 11,1 em PE e de 7,0 em IC.

(4) As modalidades mais relacionadas com o eixo 1 encontram-se representadas por um círculo e as mais relacionadas com o eixo 2 com um triângulo.

(5) Os pontos referentes às modalidades IP e AV estavam a mais de 2,5 desvios padrão do centro, pelo que foram postos ficticiamente sobre os lados dos gráficos. O valor real de Y em IP é de 3,4 e em AV é de 7,8.

As áreas deprimidas artificialmente e as barreiras artificiais localizam-se em ruas receptoras na Frente Ribeirinha, em artérias posicionadas perpendicularmente ao sector terminal das antigas linhas de água. Apesar da modalidade (N6) não apresentar uma contribuição relativa suficiente, é neste eixo que apresenta o valor mais elevado, visto serem estes locais os que apresentam uma frequência de inundações extremamente elevada (uma ou mais inundações por ano).

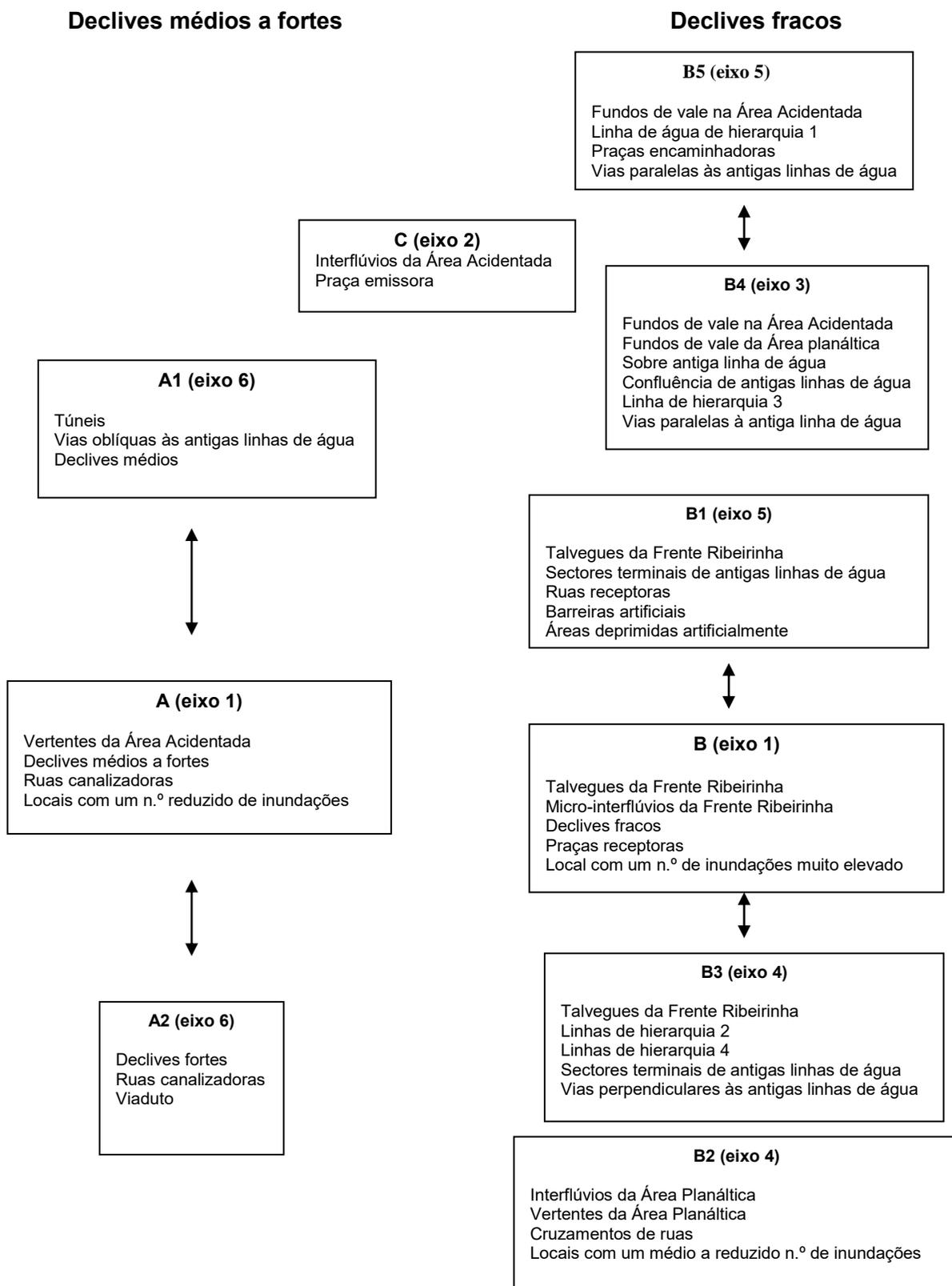
Do lado de baixo, as praças encaminhadoras (PC) e o fundos de vale da Área Acidentada (FC) associam-se às vias paralelas às antigas linhas de água (LP) e às linhas de água com magnitude 1 (LM1). Esta associação confirma que as praças encaminhadoras apresentam a mesma inclinação que as antigas linhas de água de hierarquia 1 e se localizam preferencialmente em fundos de vale da Área Acidentada.

No cruzamento dos eixos 1 e 6 surgem, no lado de cima, os declives médios (D2), as vias oblíquas à linha de água (LO) e os túneis (AT). As vias dispostas obliquamente às antigas linhas de água localizam-se em áreas com declives médios ( $5 - 10^\circ$ ), o que é bem visível na Área Acidentada.

No lado de baixo, associam-se a rua canalizadora (RC), os fortes declives (D3) e os viadutos (AV). Apesar de nesta análise entrar apenas um único viaduto, este surge correctamente posicionado junto dos declives fortes da vertente E de Monsanto (nele desemboca a escorrência do troço terminal da auto-estrada Cascais – Lisboa, que desce aquela vertente).

As três modalidades referentes ao declive são explicadas pelo primeiro eixo, posicionando-se os moderados e fortes do lado esquerdo e os fracos do lado direito. Esta tendência mantém-se nas posteriores projecções do eixo 1 com os restantes: as variáveis que surgem do lado esquerdo estão mais relacionadas com os declives médios e fortes e as posicionadas do lado direito com declives fracos. Todas as associações efectuadas estão representadas na figura 51, sendo indicado o respectivo eixo onde a leitura foi efectuada. As letras A e B, indicam as associações mais relacionadas com declives moderados e fortes (A) e as mais relacionadas com declives fracos (B).

O grupo C, apesar de mais relacionado com os fracos declives, é isolado por ser constituído por duas variáveis mais bem explicadas pelo eixo 2. As setas entre conjuntos revelam a existência de modalidades em comum.



**Fig. 51 – Associações entre os factores físicos e antrópicos agravantes das inundações na cidade de Lisboa**

A maioria das dezoito modalidades referentes às características físicas surgem explicadas nos três primeiros eixos e a maioria das treze variáveis referentes à malha urbana surgem explicadas nos eixos posteriores. As modalidades referentes aos factores físicos são explicadas nas primeiras projecções: as referentes à posição topográfica são explicadas, na totalidade, até ao eixo 4 e as relativas à antiga rede de drenagem são explicadas até ao eixo 5. A maioria das variáveis antrópicas são explicadas nos eixos 5 e 6, excepto duas modalidades relativas à posição das artérias face às antigas linhas de água LP (paralela) e LR (perpendicular) que são explicadas pelos eixos 3 e 4, respectivamente.

Na tentativa de uniformizar e sintetizar a informação associaram-se os grupos que apresentam uma ou mais modalidades iguais (Quadro 25), tendo-se obtido cinco tipos de locais diferenciados essencialmente pela respectiva posição topográfica:

- 1 – Locais com uma frequência de inundações reduzida, ou seja, uma em cada 20 a 27 anos. Estes locais estão situados em áreas de declives moderados a fortes, na sua maioria vertentes da Área Acidentada, em ruas canalizadoras que se posicionam obliquamente às antigas linhas de água.
- 2 – Locais com uma frequência de inundação médio-reduzida (uma em cada 9 a 16 anos) situados em interflúvios e vertentes da Área Planáltica especialmente nos cruzamentos de ruas.
- 3 – Interflúvios da Área Acidentada da cidade nos quais se localizam praças emissoras.
- 4 – Locais situados nos fundos de vale das Áreas Acidentada e Planáltica da cidade, sobre antigas linhas de água ou suas confluências, com hierarquia 3. As vias encontram-se normalmente paralelas às antigas linhas de água. Nesses fundos, encontram-se também localizadas as praças encaminhadoras que estão associadas a antigas linhas de água de hierarquia 1.
- 5 – Locais com uma frequência de inundação muito elevada (uma em cada dois anos) posicionados em talvegues e micro-interflúvios da Frente Ribeirinha, em áreas pouco declivosas, muitos dos quais situados em praças receptoras. Na Frente Ribeirinha existem ainda locais que apresentam uma frequência extremamente elevada de inundações (1 ou mais inundações por ano), mas posicionados em ruas receptoras, estando estas dispostas perpendicularmente ao sector terminal de antigas linhas de água e que correspondem, em grande parte, a áreas deprimidas artificialmente onde existem as barreiras artificiais.

**Quadro 25 – Tipologia dos locais afectados pelas inundações na cidade de Lisboa**

<b>Tipos de locais</b>	<b>Frequência de inundações</b>	<b>Outras características físicas</b>	<b>Características da malha urbana</b>
<b>1 - Vertentes da Área Acidentada da cidade</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduzida</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Declives médios e fortes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruas canalizadoras</li> <li>• Via oblíqua à antiga linha de água</li> <li>• Viaduto</li> <li>• Túneis</li> </ul>
<b>2 - Interflúvios e vertentes da Área Planáltica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Médio-reduzida</li> </ul>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cruzamentos de ruas</li> </ul>
<b>3 - Interflúvios da Área Acidentada</b>	-	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Praça emissora</li> </ul>
<b>4 - Fundos de vale das Áreas Planáltica e Acidentada da cidade</b>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sobre antiga linha de água</li> <li>• Linhas de água de hierarquia 1 e 3</li> <li>• Confluência de antigas linhas de água</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Praça encaminhadora</li> <li>• Vias paralelas às antigas linhas de água</li> </ul>
<b>5 – Posicionados na Frente Ribeirinha</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muito elevada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Talvegues</li> <li>• Micro-interflúvios</li> <li>• Declives fracos</li> <li>• Sector terminal da antiga linha de água</li> <li>• Linhas de água de hierarquia 2 e 4</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruas receptoras</li> <li>• Praças receptoras</li> <li>• Vias perpendiculares à antiga linha de água</li> <li>• Barreiras artificiais</li> <li>• Outras áreas deprimidas artificialmente</li> </ul>

Em síntese poderemos afirmar que os locais de frequência muito elevada de inundações são os que apresentam as características inseridas no último tipo. Todos os locais inundados, localizados na unidade de relevo “Frente Ribeirinha”, são perigosos, independentemente do micro-relevo que esta apresenta, pois como se verificou, os posicionados quer em talvegues quer nos micro-interflúvios da Frente Ribeirinha surgem quase sempre associados. No entanto, os locais de frequência extremamente elevada (inundados todos os anos) são os que se encontram nesta unidade de relevo, mas que se localizam em áreas deprimidas no sector terminal de antigas linhas de água junto de barreiras artificiais e em ruas receptoras (fotos 10 e 11).



**Foto 10 – Rua de Xabregas, junto à ponte do caminho-de-ferro, durante as inundações de 18-11-1968 (in Diário de Notícias, 19-11-68).**

Exemplo de local situado na Frente Ribeirinha, no sector terminal de uma linha de água, numa rua receptora do escoamento superficial.



**Foto 11 – Inundação da Rua da Bica do Sapato junto à ala Norte da Estação de Santa Apolónia no dia 14-10-1965 (in Diário de Notícias, 15-10-65).**

A Rua da Bica do Sapato, na Frente Ribeirinha, é uma receptora das águas provenientes das ruas, que descem a vertente ribeirinha, as quais ficam aí acumuladas devido ao efeito de barreira do muro da Estação de Santa Apolónia e ao fraco declive.

O declive fraco permite a acumulação de águas, quer as que caem na própria área, quer as oriundas das áreas elevadas da cidade, que chegam pelas vertentes ou pelos fundos de vale. As praças e ruas receptoras (associadas aos talwegues) da Frente Ribeirinha são bons exemplos de locais perigosos desta área.

Outro aspecto interessante é o facto dos locais posicionados em fundos de vale da Área Planáltica e da Área Acidentada surgirem associados a vias paralelas às antigas linhas de água, onde se localizam as praças encaminhadoras (fotos 12 e 13).

Pelo contrário, as áreas localizadas nas vertentes da Área Acidentada da cidade são as que apresentam menor frequência de inundações. Estes locais, com declives médios a fortes são lugares de passagem da água em direcção às áreas mais baixas da cidade, principalmente ao longo das ruas canalizadoras.

### **3. PERIGOSIDADE DAS ÁREAS INUNDADAS**

#### **3.1. Delimitação das áreas com diferentes graus de perigosidade**

Como já se referiu, muitas das notícias referentes às inundações não são pormenorizadas e referem apenas bairros ou áreas inundadas, o que acontece sobretudo após os anos 60. Deste facto surgiu a necessidade de agrupar os locais, próximos no espaço, em áreas inundáveis, afim de se poder analisar a evolução temporal das inundações por área/bairro.

Este agrupamento foi efectuado a partir dos 5 tipos de locais já associados pela Análise Factorial das Correspondências (Quadro 25), os quais, como se viu, correspondem a posições topográficas distintas. O declive, que surge explicado pelo primeiro eixo não foi tido em conta por a quase totalidade dos declives moderados e fortes estarem localizados nas vertentes da Área Acidentada, predominando os declives fracos nas restantes posições topográficas. Na grande maioria dos casos, a própria posição topográfica é, já por si, indicadora de determinado declive.

Os conjuntos de locais foram circunscritos por polígonos, de modo a abranger as secções mais inundáveis das vias. Quando os locais se encontravam isolados foram consideradas áreas com apenas um ponto. Os túneis e o viaduto foram consideradas áreas isoladas pelo facto das

inundações aí ocorridas terem origem em factores que em nada se relacionam com a área vizinha.



**Foto 12 – Rua das Portas de Santo António no dia 10-10-62 (in Diário de Notícias de 11-10-62).**  
Exemplo de inundação em fundo de vale da Área Acidentada, em rua construída sobre a antiga linha de água, que recebe o escoamento superficial das áreas mais elevadas que a circundam



**Foto 13 – Largo de São Domingos (ao Rossio) no dia 10-10-1962 (in Diário de Notícias, 11-10-62).**  
Exemplo da mesma inundação da foto 12, mas a jusante, num largo encaminhador das águas (em direcção à praça do Rossio).

Esta metodologia permitiu a associação dos 488 locais inundados em 203 áreas. Cada área foi designada com o nome do bairro, da área ou da via principal da associação, sendo-lhe atribuído o valor do respectivo local com maior frequência de inundação.

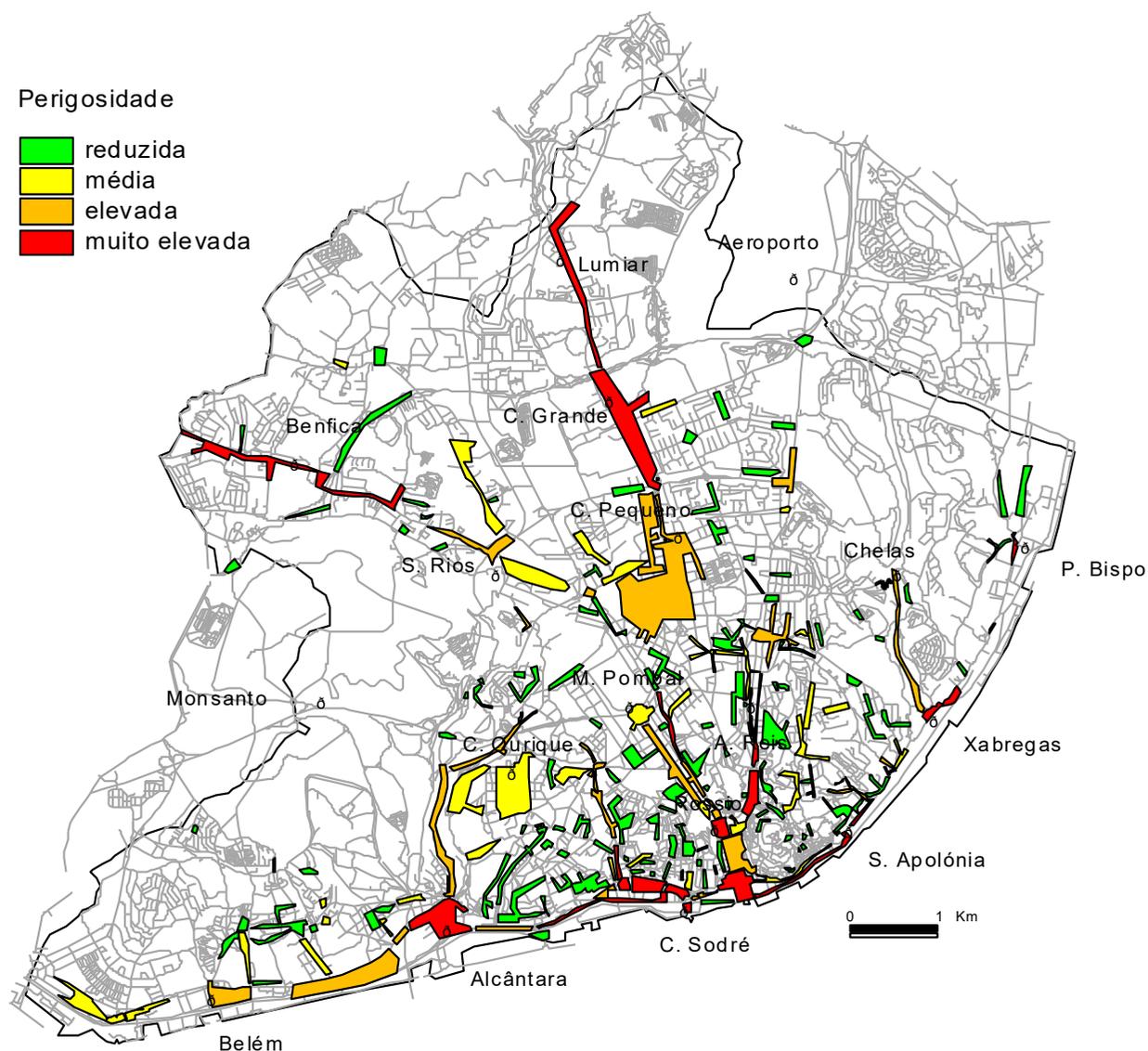
A série de valores foi dividida em quatro classes de frequência (as mesmas utilizadas para os locais, na figura 41), o que permitiu definir, para os 80 anos estudados (1918/19 a 1997/98), as áreas da cidade de diferente perigosidade face ao fenómeno das inundações (Quadro 26 e Fig. 52).

**Quadro 26 – Perigosidade das áreas inundadas na cidade de Lisboa, no séc. XX**

Perigosidade	N.º Total de inundações (1918/19-1997/98)	Inundações por década	Áreas	
			Total	%
<b>Reduzida</b>	3 a 9	0,4 – 1,1	122	60
<b>Média</b>	10 a 19	1,3 – 2,4	35	17
<b>Elevada</b>	20 a 39	2,5-4,9	26	13
<b>Muito elevada</b>	40 a 159	≥ 5	20	10

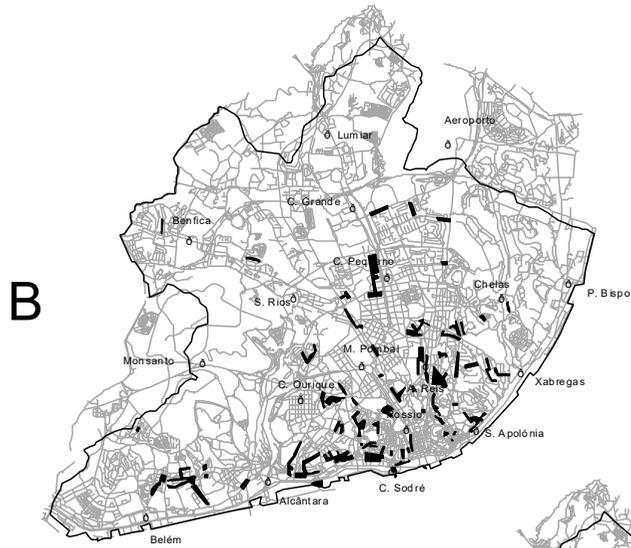
Assim, as áreas de perigosidade muito elevada (onde ocorreram, pelo menos, uma inundação de dois em dois anos até várias inundações por ano) correspondem a 10% do total e distribuem-se pela Frente Ribeirinha, junto às desembocaduras das bacias da Ribeira de Alcântara, S. Bento, Bica, Flores, Baixa, Vale de Santo António e Chelas; ao longo do troço terminal do fundo do vale da Bacia de S. Bento; nos troços intermédio e terminal da Bacia da Baixa e, ainda, nos sectores superiores dos fundos de vale da Bacia da Ribeira de Alcântara (Estrada de Benfica e eixo Lumiar - Campo Grande). De todas estas áreas destacam-se quatro, pertencentes à Frente Ribeirinha, que registaram uma média superior a uma inundação por ano: Caminhos de Ferro/ Bica do Sapato (155 inundações no total dos 80 anos), 24 de Julho (142), Xabregas (123) e S. Paulo/Boavista (90).

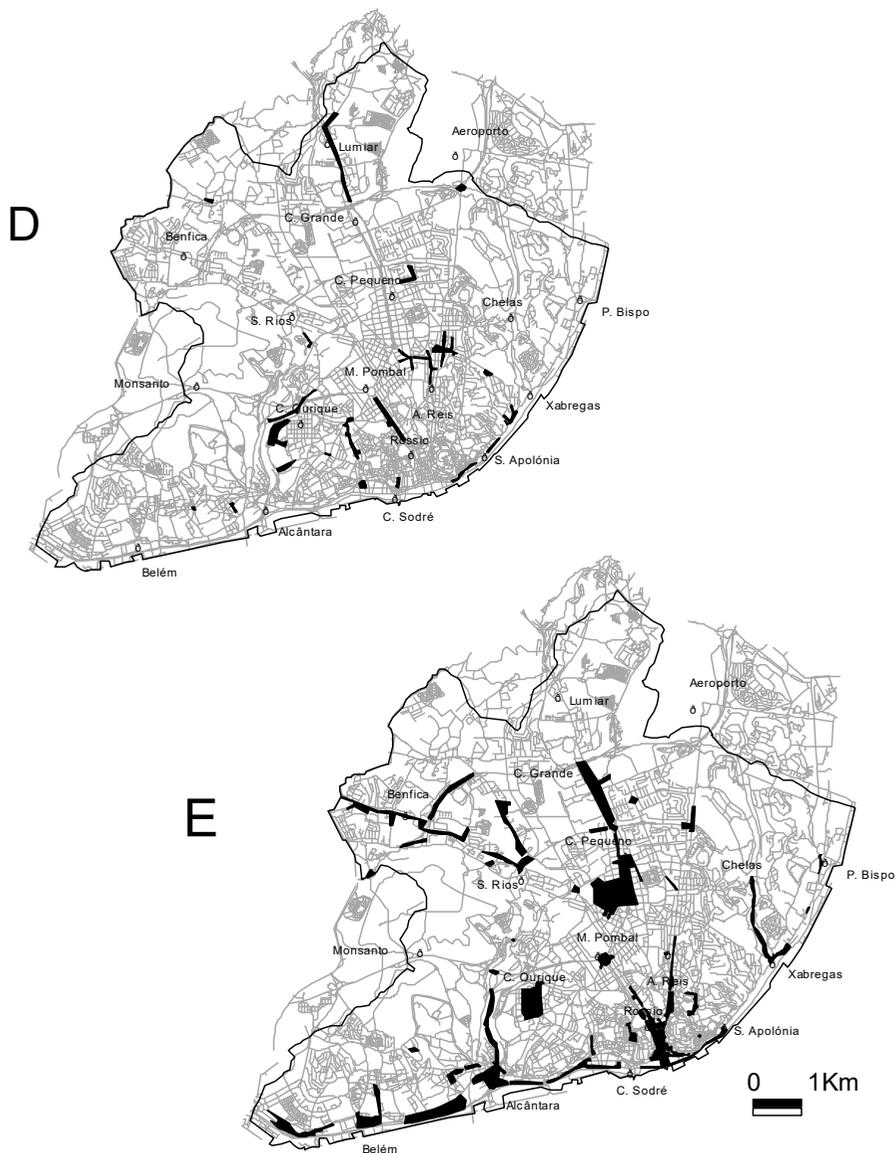
Contudo, ao longo dos oitenta anos em análise, efectuaram-se diversas intervenções no sistema de águas residuais/pluviais, as quais levaram à resolução de problemas de alagamento em vários locais e áreas da cidade. Com o objectivo de detectar as áreas em que isso aconteceu e quais as que continuam a ser afectadas, elaborou-se a figura 53. Esta representa a década em que ocorreu a última inundação em cada área.



**Fig. 52 – Áreas inundadas em Lisboa, no séc. XX, e respectiva perigosidade**

A figura 54 completa a anterior e mostra a relação entre a frequência de inundações e o ano em que ocorreu a última inundação. As áreas onde primeiro deixaram de ocorrer inunda es são as que possuem frequências mais baixas de inunda o e que, pelo contrário, as áreas com frequências maiores são aquelas em que o fenómeno deixou de ocorrer mais tardiamente. Até ao final da década de 70, a quase totalidade das áreas em que deixou de haver inunda es são as de reduzida perigosidade, havendo, no entanto, algumas áreas de perigosidade muito elevada onde também deixaram de ocorrer inunda es. Posteriormente a 1970, resolveram-se vários problemas de escoamento em áreas com diferentes graus de perigosidade.

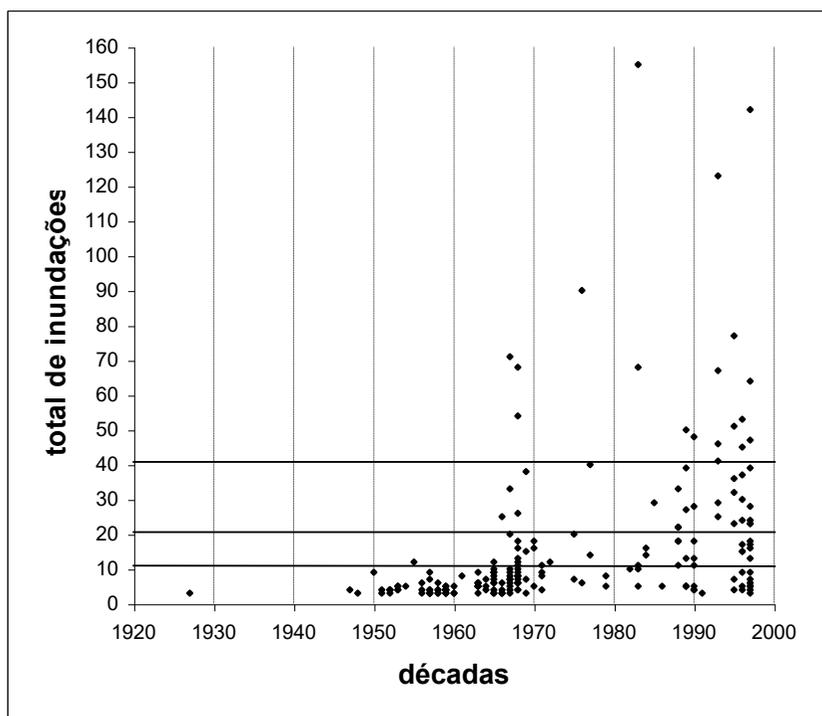




**Fig. 53 – Áreas que deixaram de ser inundadas nas décadas: A – 50; B – 60; C – 70; D – 80; E – 90, do século XX**

Contudo, continuam a ocorrer inundações (anos 90), na Área Planáltica ocorreram inundações nas Avenidas Novas e Campo de Ourique, em vertentes e interflúvios, e Benfica, Sete Rios/Benfica E, Praça de Espanha, estradas da Luz/Laranjeiras, Campo Grande e cruzamento da Avenida Gago Coutinho com a Av. Estados Unidos da América, posicionados em fundos de vale. Na Frente Ribeirinha ocorrem inundações em Pedrouços, Av. da Índia/Junqueira, Terreiro

do Paço, Av. Infante D. Henrique/Largo de Santa Apolónia, Xabregas, Poço do Bispo e Beato. Na Área Acidentada registam-se inundações na Rua de S. José, na Rua de S. Bento (Sul), Baixa, Almirante Reis, Rua da Palma e Martim Moniz e em Chelas.



**Fig. 54 – Total de inundações de cada área e o respectivo ano de ocorrência da última inundação (dados até 1998)**

### **3.2. A melhoria do sistema de drenagem das águas residuais/pluviais: o exemplo das inunda es dos outonos de 1945 e 1997**

A diminui o das áreas inundadas na cidade de Lisboa, ao longo dos 80 anos estudados, é devida a interven es e conseqüente melhoria do sistema de drenagem de águas residuais/pluviais da cidade. Apresentam-se seguidamente, dois exemplos, separados 52 anos no tempo (18 de Novembro de 1945 e 18 de Outubro de 1997), que atestam esta afirma o. De facto, as chuvadas que originaram as inunda es de 18/10/1997 até atingiram uma maior

magnitude do que as de 18/11/1945 (a precipitação máxima horária foi mesmo a mais elevada do período em estudo; Quadro 27), mas as suas consequências foram muito menores, nomeadamente no que diz respeito ao número de locais inundados (Fig. 55).

**Quadro 27 – Parâmetros pluviométricos registados nos dias 18/11/1945 e 18/10/1997, em Lisboa**

	<b>18-11-1945</b>	<b>18-10-1997</b>
<b>Total da chuvada</b>	52,6 l/m <sup>2</sup>	84,9 l/m <sup>2</sup>
<b>Duração</b>	4 h	5 h
<b>P. Máxima horária</b>	38,4 l/m <sup>2</sup>	42,6 l/m <sup>2</sup>
<b>Precipitação diária</b>	86,8 l/m <sup>2</sup>	87,8 l/m <sup>2</sup>

A precipitação máxima horária atingida em 1997 foi a maior do período em estudo, atingindo um período de retorno de cerca de 60 anos (segundo a Lei de Gumbel), enquanto a de 1945 foi a segunda maior, atingindo um período de retorno de cerca de 35 anos.

Os jornais “O Século” e “Diário de Notícias” do dia 19 de Novembro de 1945 dedicaram grandes secções aos acontecimentos do dia anterior. No primeiro, sobressaia na primeira página o seguinte título: “LISBOA INUNDADA VIVEU HORAS DE TRAGÉDIA FUSTIGADA DURANTE MAIS DE TRÊS HORAS POR CHUVA TORRENCIAL E ININTERRUPTA QUE CAUSOU PREJUÍZOS ENORMES DE TODOS OS GÉNEROS”, após o qual, o jornalista continuava “Os lugares são sempre os mesmos. Mal o Inverno espreita e o sol se esconde para lá das nuvens espessas que se desentranham em aguaceiros, logo as mesmas ruas, as mesmas praças e as mesmas casas sofrem os mesmos efeitos. As sarjetas e os canos não dão suficiente escoamento e as águas borbulham nas valetas, lambem as calçadas, galgam os passeios e crescem sempre até entrarem pelas portas mal fechadas ou pelas janelas mais baixas (...) Não podia, porém, ser de outra maneira, com sarjetas e esgotos que se congestionam e se entopem e rebentam, numa cidade recortada de vales profundos, para onde a água corre e se acumula e fica e cresce.”

Segundo um dos jornalistas, esta inundação ocorreu após um período de seca, chovendo a partir do princípio da madrugada até cerca das nove da manhã, sendo por volta das sete, que a chuvada atingiu a maior intensidade: “Eram b tegas compactas, tocadas por vento ligeiro, quase imperceptível, que torciam levemente as cordas de  gua”.



**Fig. 55 - Locais inundados em Lisboa nos dias 18 de Novembro de 1945 (A) e 18 de Outubro de 1997 (B).**

O espectáculo foi considerado mais desolador talvez, do que quando do terrível ciclone de Fevereiro de 1945: “Havia ruas transformadas em autênticos rios e praças em verdadeiros lagos. Nalgumas, as inundações abeiravam-se de janelas de primeiros andares. Muros desfeitos, como batidos por picaretas gigantes, eram frequentes. Abateram casas pequenas e barracas – houve mortos, mortos sob escombros e levados nas enxurradas. E muitas famílias reduzidas à miséria, com seus haveres destruídos.”

Os bombeiros não pararam tendo alguns sido “envenenados” no interior de alguns prédios com os fumos emitidos pelas máquinas de bombagem de água, e levados para o Hospital, não se tendo entre eles verificado vítimas mortais. A chuvada teve consequências drásticas principalmente na parte oriental da cidade: “sobretudo nos pontos onde existem grandes aglomerados de casebres e barracas que servem de abrigo a muita gente humilde (...) as enxurradas desciam do Alto de S. João para o Vale Escuro (...) Toda a encosta da Penha de França ao Alto do Varejão foi duramente sacrificada. Estrondosamente abatiam barreiras em diversos sítios, pondo em perigo dezenas de pobres famílias que encontravam carinhosa acolhida nos vizinhos. Não tem conta a criação que desapareceu, cujas capoeiras ficaram em estilhaços (...). No Pátio da Carvalha, a fossa, onde vão dar os esgotos dos prédios modernos que dominam aquela área, extravasou e com as águas das chuvas inundou os casebres, dos quais desapareceu quase todo o parco recheio (...) Houve ali muita gente ferida. A enxurrada atingiu ali proporções gigantescas, arrastando as mais diversas coisas, como alimentos, dinheiro e, até as próprias senhas de racionamento de muitas famílias”.

Na área de Santa Apolónia, a água entrou no Museu de Artilharia, e os prejuízos provocados pela inundação e pelo desprendimento de terras foram graves, nos armazéns da CP chegando a água a atingir 2 metros de altura em alguns pontos, tendo os veículos automóveis que se encontravam estacionados nas proximidades, ficado submersos.

Na curva do entroncamento com a Rua do Recolhimento de Lázaro Leitão os passageiros dos carros eléctricos tinham de fazer transbordo, devido à altura do lodo que impossibilitava o trânsito dos mesmos: “Na Rua de Santa Apolónia (desembocadura do Vale Escuro) rebentou um colector, o qual cavou uma cratera que expelia um jacto de água e terra, que a certa altura formou uma espécie de ilha, no meio do lago”. Mais a oeste, a água descia em enxurrada pela Calçada dos Cesteiros e Rua do Vale de Santo António até à Rua da Bica do Sapato/ Rua dos Caminhos-de-Ferro.

Mais a nordeste, para lá do Convento da Madre de Deus, por baixo da ponte dos comboios, junto da Casa Pia (antigo Palácio do Marquês de Nisa), a água atingia em Xabregas, a altura de um andar. Todas as fábricas e estabelecimentos comerciais da área foram duramente castigados. Após a descida das águas, a lama que ficou impossibilitava o trânsito. A montante, no Vale de Chelas, a enxurrada arrastou pessoas tendo duas delas morrido. A área do Poço do Bispo, mais a norte, foi bastante afectada, sobretudo os estabelecimentos, principalmente os da Rua Zoofimo Pedroso.

A Av. 24 de Julho ficou inundada (Foto 14). As águas atingiram uma altura de 50 cm, invadindo o Mercado da Ribeira Nova, tendo os respectivos géneros ficado a boiar nas proximidades. Por de trás, nos estabelecimentos das ruas da Ribeira Nova e dos Remolares, as pessoas saltaram para cima dos balcões e na área das ruas de S. Paulo/ Boavista/ Vasco da Gama (D. Luís I) houve grandes danos nos estabelecimentos. O Cais do Sodré (Praça Duque da Terceira) foi alagado (Foto 15), tendo sofrido não só a estação, onde a água tapou os Carris, impedindo a circulação dos comboios durante várias horas, mas também o Mercado do Peixe (a sul da estação).

No Terreiro do Paço (Foto 16) após a inundação, que entrou em todos os ministérios e estação dos CTT, ficou o pavimento coberto por uma camada considerável de lodo. Nas ruas circunvizinhas, as lojas situadas nas ruas do Rua do Arsenal, Prata (em que abriu um grande buraco no pavimento), Ouro, Alfândega e Bacalhoeiros foram invadidas pela água, tendo o feijão, carnes, bacalhau, castanhas e outros géneros de mercearia ficada inutilizados naquela última. Também os “estabelecimentos elegantes da Baixa foram invadidos pela cheia como as lojas das humildes vilas ribatejanas sob as águas do rio tutelar”.

No Largo D. João da Câmara (entre o Rossio e os Restauradores), a água passava em torrente junto da estação fazendo parar a circulação de veículos. Estas, juntamente com as águas que desciam a Rua Eugénio dos Santos (Portas de Santo Antão), transformavam o Rossio num autêntico lago, cuja água atingia a altura dos joelhos. No Largo do Regedor (por trás do Teatro Nacional) a água atingiu 1 metro de altura e ao lado, o Largo de S. Domingos, assemelhava-se a um lago abastecido pelo caudal que vinha da Rua Barros Queirós (que liga aquele largo à Rua da Palma). Na Praça da Figueira (onde na época existia um mercado) os vendedores subiram para cima das bancadas. Mais a norte, a Rua de Santa Marta ficou muito danificada com as águas que chegavam pela ruas Conde de Redondo e Alexandre Herculano.



**Foto 14 – Aspecto da inundação de 18 de Novembro de 1945 na Av. 24 de Julho (*in O Século 19-11-1945*)**



**Foto 15 – Aspecto da inundação de 18 de Novembro de 1945 no Cais do Sodré (Foto de Joshua Benoliel, *in Lisboa Ribeirinha*)**



**Foto 16 - Aspecto da inundação de 18 de Novembro de 1945 no Terreiro do Paço  
(Foto de Joshua Benoliel, *in* Lisboa Ribeirinha)**

“A Av. Almirante Reis era um rio que arrastava gatos e ratas mortas, tendo na secção inferior alguns motoristas subido para os tejadilhos dos carros”. Ao lado, no Regueirão do Anjos onde a água chegou a atingir 3 metros de altura (Foto 17), uma porta de ferro de um dos estabelecimentos foi metida dentro tendo tudo ficado danificado.

No Ocidente da cidade, a Rua da Junqueira ficou intransitável no seu troço oriental, assim como na área do Rio Seco mais a montante. Em Alcântara houve grandes estragos principalmente nos largos das Fontainhas e de Alcântara e, em Santo Amaro, as águas oriundas da Rua Luís de Camões depositaram quantidades consideráveis de lama.

No Lumiar o trânsito esteve impedido até às 13 horas, devido à inundação ocorrida na Alameda das Linhas de Torres, e mais para lá, na Estrada da Torre. A  rea do Campo 28 de Maio (Campo Grande) e avenidas próximas ficou submersa, tendo a água subido até 60 cm de altura no Colégio Moderno situado na Estrada do Malpique (Rua Dr. João Soares). Em Entre-Campos, junto da estátua   Guerra Peninsular, a altura atingiu 40 cm tendo penetrado nas

caves dos edifícios; na Avenida 5 de Outubro a água atingiu um metro de altura e o Campo Pequeno e Av. da República ficaram praticamente alagados. Mais a jusante, os automóveis ficavam bloqueados na Avenida de Berna e em alguns pontos do Hospital do Rego a água atingia os 80 cm de altura. Em Palhavã, no eixo Praça de Espanha/Sete Rios, os carros não podiam circular.



**Fotos 17 - Aspecto da inundação de 18 de Novembro de 1945 no Regueirão dos Anjos  
(in O Século 19-11-1945)**

No ano de 1997 ocorreram inundações, não só em Lisboa mas em todo o Sul do país, com origem em chuvadas de grande magnitude. Em Lisboa, as chuvas atingiram valores horários particularmente elevados em Maio, e sobretudo, Outubro e Novembro (Quadro 40).

**Quadro 28 – Parâmetros pluviométricos das inundações ocorridas em 1997 em Lisboa**

<b>Data</b>	<b>Valor Total (l/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Duração (horas)</b>	<b>Prec. Máx. Horária (l/m<sup>2</sup>/h)</b>
18 - Mai	52,5	6	28,8
18 - Out	84,9	5	42,6
02 - Nov	87,8	8	36,1
05 - Nov	13,3	3	5,8
24 - Nov	26,6	1	26,6

Salientam-se os dias 18 de Outubro e 2 de Novembro: no primeiro, em apenas 5 horas caíram cerca de 85 l/m<sup>2</sup>, dos quais 43 l/m<sup>2</sup> em apenas 1 hora; no segundo, a chuvada durou oito horas, ao longo das quais caíram cerca de 88 l/m<sup>2</sup>.

As inundações do dia 18 de Outubro de 1997 tiveram como principais consequências: alagamento dos locais indicados na Fig. 55-B, encerramento do metro no Rossio, paragem dos eléctricos para Algés, encerramento dos túneis do Campo Grande e do Campo Pequeno, além dos habituais problemas e atrasos comuns ao trânsito citadino em dias de chuva. A coordenadora do Centro Municipal de Operações de Emergência e Protecção Civil, referiu que «o mau tempo que castigou a cidade dissipou-se em poucas horas sem deixar vítimas mortais, nem desalojados», daí que o Plano global de emergência da Câmara Municipal de Lisboa não tenha sido accionado devido às diminutas consequências (Rolim, 1997).

Segundo o “Expresso”, a cidade ficou inundada pela conjugação da precipitação, das marés e dos estaleiros de obras (Carvalho, 1997). Para Rafaela Matos, do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, as inundações não teriam ocorrido «se a rede de colectores não estivesse congestionada por entulhos que alguns empreiteiros introduzem no sistema (Carvalho, 1997). Segundo Amaral (1997), «o escoamento de superfície das águas é quase inexistente, as sarjetas são poucas, pequenas e estão entupidas e, acima de tudo, a obra da Av. 24 de Julho foi mal executada. O colector longitudinal desta avenida está ligado ao rio e não devia estar» (ob. cit. pág. 24). Refere ainda que o problema daquela artéria tinha ficado resolvido em parte com a construção de novos colectores na década de 60 (o que levou durante muitos anos a não se ouvir falar de inundações na 24 de Julho), mas “as obras de qualidade duvidosa”, efectuadas nos anos 90, na remodelação daquela artéria, fizeram reaparecer as inundações.

Na Av. 24 de Julho, de perigosidade muito elevada, a água atingiu uma altura considerável. Destaca-se a intercepção com a Avenida Infante Santo, em que na madrugada do dia 2 de Novembro, a inundaçãõ coincidente com a preia-mar levou a que a água quase tapasse o tejadilho dos automóveis. Na mesma noite, na área de Alcântara (área de perigosidade muito elevada), em alguns locais, como na Rua da Cozinha Económica, os noctívagos que saíam da ex-discoteca “Alcântara-Mar” nadavam como se de uma piscina se tratasse. Em Belém, no Campo das Cebolas e na Rua da Alfândega as vias são também alagadas.

Na tarde do dia 18 de Outubro o Rossio é inundado, os túneis do metro alagados, atingindo a água uma altura de cerca de 90 cm na secção mais meridional da Rua das Portas de Santo Antão (Fotos 18 e 19). Também as praças Marquês de Pombal e da Figueira são inundadas, o que confirma a perigosidade das praças encaminhadoras.

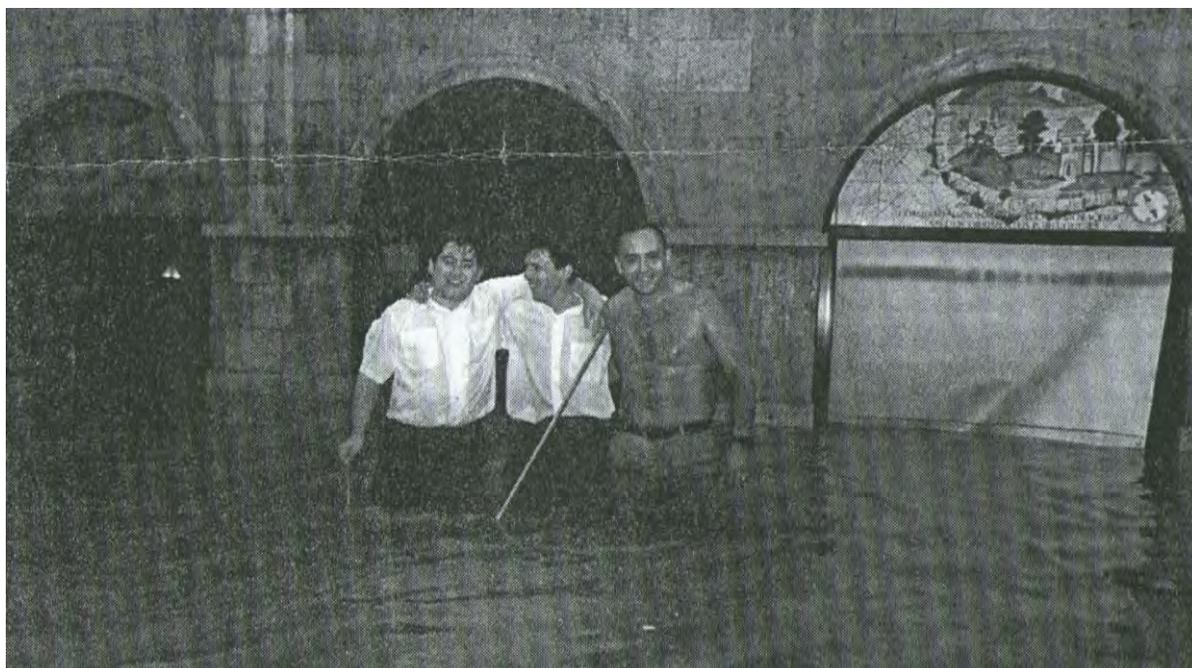


Foto 18



Foto 19

Fotos 18 e 19 – Aspectos da inundação na tarde de 18 de Outubro de 1997 na Rua das Portas de Santo Antão (*In O Independente*, 24-10-1997; fotos de Alexandre Almeida)

O Rossio e a Praça da Figueira, por estarem a uma altitude muito baixa, são influenciados pelo nível da maré. Quando este é elevado, o escoamento é dificultado. Um empregado de um estabelecimento comercial, situado no Rossio, declarou que na cave existe um dispositivo que permite, em caso de inundação, bloquear o sistema de esgotos das casas de banho. Isto mostra que, nos dias em que ocorrem grandes inundações e sobretudo quando estas ocorrem simultaneamente à preia-mar, a água sobe pelo sistema de esgotos, inundando habitações e estabelecimentos comerciais das partes mais baixas da cidade.

As inundações de Outubro de 1997 também afectaram locais de perigosidade reduzida, como o Viaduto Duarte Pacheco e os túneis de construção recente (o que justifica as respectivas frequências reduzidas). Os túneis de construção recente, sofrem inundações que nada têm a ver com a geografia local, mas sim com problemas de entupimento e de bombagem da água. O Viaduto Duarte Pacheco, pelo contrário, recebe as águas da auto-estrada do Estoril (A5), vindas da vertente oriental da “Serra de Monsanto”, e as águas provenientes das Amoreiras, pela Avenida Duarte Pacheco. A 2ª Circular (Av. Norton de Matos e Av. Marechal Craveiro Lopes) e área do Pina Manique estão relacionadas com a forte impermeabilização existente nestes modernos e amplos eixos.

O Largo de Santa Bárbara, praça encaminhadora localizada em fundo de vale da Área de Acidentada, que recebe as águas vindas de Arroios e da Estefânia, apresenta um sector deprimido artificialmente (no qual se localizam alguns estabelecimentos comerciais), que permite a acumulação da água.

Contudo, segundo alguns comerciantes, outras inundações muito localizadas continuam a ocorrer. Um deles cujo estabelecimento se encontra na Alameda das Linhas de Torres ao Lumiar referiu que as inundações tinham deixado praticamente de ocorrer naquela área após as obras efectuadas na década de 80, no entanto após a urbanização das áreas mais elevadas do Lumiar, com a consequente impermeabilização dos solos, o problema voltou a agravar-se, devido às águas que descem a vertente e se acumulam naquela artéria, ocorrendo no presente alagamentos consideráveis com muita frequência. Outro comerciante, cujo estabelecimento se encontra na Rua Silva Teles ao Rego, em cujo estabelecimento são colocadas diariamente comportas, relevou, que todos os anos, naquela área, continuam a ocorrer inundações. Revelou ainda que ao lado, o Hospital do Rego, principalmente no Pavilhão Sul, continua também a ser alagado com frequência.

## 4 . SÍNTESE CONCLUSIVA

A análise efectuada, a partir da AFC, revelou que os locais inundados da cidade estão muito dependentes da posição topográfica e declive, dominando os localizados em fundos de vale e de declives fracos, factores que facilitam a acumulação e dificultam o escoamento das águas, respectivamente. Cerca de metade estão mesmo situados sobre antigas linhas de água. Por outro lado, os locais inundados estão também condicionados pela posição das ruas/avenidas face às antigas linhas de águas, destacando-se as que se posicionam paralelamente a estas, e pelos cruzamentos de ruas.

Dos cinco tipos de locais inundados definidos, os de maior perigosidade (com uma inundaçãõ em cada dois anos ou todos os anos) situam-se especialmente na Frente Ribeirinha, na desembocadura de antigas linhas de água de hierarquia 2 e 4, em ruas e praças receptoras do escoamento superficial e que se posicionam perpendicularmente às antigas linhas de água (paralelamente ao Tejo). Esta posição transversal das ruas face ao escoamento das águas facilita a existência de barreiras artificiais (prédios e muros) que travam o processo de escoamento em direcção ao Tejo, como é o exemplo típico da Av. 24 de Julho. Ao longo do período em estudo é também visível a melhoria do sistema de águas residuais/pluviais da cidade, através da diminuição do número de locais e áreas inundados. De facto a maior parte dos locais inundados deixam de sofrer inundações, principalmente os de menor perigosidade. Outros locais muito críticos como Santo Amaro, na Rua 1º de Maio na esquina com a Rua Luís de Camões, e o Regueirão do Anjos, já não registaram ocorrências nas últimas três décadas.

As áreas onde continuam a ocorrer inundações abrangem todas as classes de perigosidade, desde as de perigosidade muito elevada (Alcântara, Av. 24 de Julho, Terreiro do Paço, Praça da Figueira, Rua da Palma, Av. Infante D. Henrique, Xabregas, Poço do Bispo, Campo Grande e Estrada de Benfica W) até aos de perigosidade muito reduzida, como no Largo de Santa Bárbara e na Av. Guerra Junqueiro, e ainda, locais “novos” como viadutos, túneis e algumas artérias largas recentes, caso da 2ª Circular entre Pina Manique e o Aeroporto.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A “história” das inundações em Lisboa está, em parte, feita para o séc. XX. Nos 80 anos em estudo, a diminuição do número de acontecimentos foi considerável. Futuros trabalhos deverão incidir apenas sobre os últimos trinta anos estudados devido às melhorias ocorridas no sistema de drenagem da cidade após a década de 60. São essas melhorias que explicam que, para ocorrerem actualmente inundações, são necessários parâmetros pluviométricos mais elevados (daí a tendência para um aumento dos parâmetros pluviométricos seleccionados – precipitações máximas horárias e valores totais das chuvadas). O Outono permanece como a estação mais problemática para a cidade, principalmente o mês de Novembro.

Apesar de se tratar de um fenómeno muito irregular, a análise à escala quinzenal traz algumas novidades, principalmente em relação às quinzenas do Outono. De facto, verificou-se que o período de maior frequência de inundações se situa entre a 2ª quinzena de Outubro e a 1ª de Dezembro, destacando-se a primeira quinzena de Novembro, como a mais perigosa para a cidade e que mostra inclusivé uma tendência para o aumento do número de inundações.

Apesar de nos últimos trinta anos as inundações terem tido origem em episódios de duração superior a uma hora, os períodos de precipitação intensa de duração inferior devem ser tidos em conta. É imprescindível estudar essas intensidades para as várias durações, e ver como elas têm evoluído, bem como as respectivas frequências e relacioná-las com a ocorrência ou não de inundações.

O estudo dos factores agravantes das inundações revelou a complexidade do relevo de Lisboa, em que se destaca a existência de um grande planalto que comunica por um sistema complexo de vertentes e vales de variadas dimensões com a Frente Ribeirinha, de baixa altitude com frequentes áreas deprimidas artificialmente, para onde converge o escoamento. É nos talwegues da antiga rede de drenagem que se encontram quase metade dos locais inundados da cidade. A justaposição das características do relevo e das antigas bacias de drenagem com os elementos da malha urbana possibilitou a definição de uma tipologia dos locais inundados da cidade.

Esta tipologia permitiu agrupar os locais em áreas com características geográficas semelhantes, definindo em seguida, as de maior perigosidade (com maior frequência de ocorrência de inundações). A posição topográfica mostrou ser um factor determinante, pois os vales da Área Acidentada, onde se concentra a água e a Frente Ribeirinha, de baixa altitude, onde ela se acumula, são as áreas onde se continuam a verificar as inundações mais importantes aquando das precipitações de grande magnitude.

Por outro lado, a impermeabilização dos solos que, por si só, já é um factor agravante, cria outros problemas como a artificialização da superfície topográfica, com o aparecimento de micro-depressões, bem visíveis em alguns locais, onde se acumulam as águas.

As intervenções que Lisboa sofreu no seu sistema de esgotos, na canalização subterrânea de algumas linhas de água e na pavimentação das ruas (que reduziu drasticamente as lamas e entulhos transportados pelas águas) alterou a perigosidade dos locais. As inundações mais recentes afectam áreas mais reduzidas e provocam danos pouco significativos, deixando de causar vítimas mortais. No entanto, continuam a verificar-se, quase todos os anos, pequenas inundações muito localizadas, não noticiadas pela imprensa, muitas das quais nos lugares deprimidos artificialmente, acima mencionados. Apesar de muito localizados, os problemas continuam a acontecer, habitantes e comerciantes continuam a colocar comportas e a utilizar mecanismos que minimizam a inversão do fluxo dos esgotos, aquando das chuvadas que ocorrem simultaneamente à preia-mar.

A presente metodologia, que passou pela inventariação dos lugares inundados a partir das notícias dos jornais, revelou-se satisfatória. Mostrou vantagens relativamente aos registos da brigada de colectores, pois muitas inundações podem ocorrer sem que a brigada interviesse. Também o contrário pode ocorrer, ou seja, inundações em que interveio a brigada de colectores, não tenha sido noticiada pela imprensa. Em futuros trabalhos sobre inundações na cidade Lisboa deve cruzar-se os dois tipos de informação, de modo a que o resultado seja mais abrangente. Uma das vantagens da leitura dos jornais é o facto de apresentarem artigos que complementam a informação debruçando-se sobre os problemas da rede de drenagem da cidade.

Outro aspecto que deve ser considerado também em futuros trabalhos, é o do levantamento dos locais/áreas que foram objecto de grande remodelações nos colectores, e respectivas datas, no Departamento de Saneamento da C.M.L., de modo a verificar em

que locais/áreas essas remodelações levaram, efectivamente, a uma melhoria da drenagem e conseqüente diminuição do número de inundações.

É significativo o facto de existirem locais que já não foram inundados na década de 90, mas mais significativo é o facto de locais habitualmente inundados, não terem sido afectados em 1997, ano de ocorrências com fortes quantitativos dos parâmetros pluviométricos simultaneamente à preia-mar. Contudo, como se viu, também existem locais que praticamente tinham deixado ser afectados, e que voltaram a sê-lo, devido a intervenções mal feitas na rede de colectores, ou ao aumento da escorrência superficial, provocado pela impermeabilização dos terrenos de novas urbanizações.

Estas variações espacio-temporais das inundações urbanas, ainda que sujeitas ao ritmo climático, também dependem assim do dinamismo próprio de um sistema complexo como é a cidade.



## BIBLIOGRAFIA

- Alexandra N. (2001) - "Lugares de Mudança" – Jornal *Público* 04-08-2001, Lisboa.
- Albentosa Sánchez, L. M. (1989) – Las precipitaciones extraordinárias en Cataluña – *Avenidas fluviales e inundaciones en la cuenca del Mediterráneo* – Instituto Universitário de Geografia de la Universidad de Alicante, Alicante, p. 51 – 65.
- Alcoforado, M. J. (1984) – Quelques remarques sur l'évolution séculaire des précipitations à Lisbonne. *Três estudos de Geografia Física*, L.A.G.F., rel. 21, CEG., Lisboa, p.11- 27.
- Amaral, I. (1968) – As inundações de 25/26 de Novembro de 1967 na região de Lisboa. *Finisterra*, III, 5, Lisboa, p.79 - 84.
- Amaral, J. (1997) "Lisboa: as cheias e o saneamento", *Expresso* 25/10/97, Lisboa.
- Antunes, Sílvia (1998) - *Caracterização da Variabilidade Climática Interanual em Portugal Continental*, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa.
- Antunes, Sílvia e Pires, H. Oliveira (1998) - Contribuição para a Caracterização da Variabilidade Climática Interanual em Portugal Continental, *Actas do 1º Simpósio de Meteorologia e Geofísica da APMG*, Lisboa.
- Beard, Leo R. (1975) – *Generalized Evaluation of Flash-Flood Potencial*, Center of Research in Water Resources Bureau of Engineering Reserch, College of Engineering. The University of Texas at Austin, Texas.
- Bettencourt, M.L. (1984) – Frequência da ocorrência de anos chuvosos e secos em Portugal, *O Clima de Portugal XXX*, INMG, Lisboa.
- Calvo, F. (1984) – La Geografia de los riesgos. *Geocrítica*, 54, p.7 - 39.
- Calvo, F. (1989) – Grandes avenidas e inundaciones históricas, *Avenidas fluviales e inundaciones en la cuenca del Mediterráneo*, Instituto Universitário de Geografia de la Universidad de Alicante, Alicante, p. 333 – 345.
- Câmara Municipal de Lisboa (1994), *Lisboa Ribeirinha*, Pelouro da Cultura, Arquivo Municipal, Companhia Editora do Minho, Barcelos.
- Câmara Municipal de Lisboa (1997) – *Lisboa e o Aqueduto*, C.M.L., Lisboa.
- Capel Molina, J. J. (1989) – Incidencia de la termoconvectividad en las lluvias torrenciales de la España mediterránea, *Avenidas fluviales e inundaciones en la cuenca del Mediterráneo*. Instituto Universitário de Geografia de la Universidad de Alicante. Alicante, p. 89 – 105.
- Carona, Manuela; Dias, Rita A.; Pinheiro, Zélia; Ribeiro José B. (1997) - "Os deuses devem estar loucos" e "E como se isso tudo não bastasse...", *O Independente* 24/10/97, Lisboa.
- Carles Genovés J. (1989) - Prevención y control de inundaciones, *Avenidas fluviales e inundaciones en la cuenca del Mediterráneo* – Instituto Universitário de Geografia de la Universidad de Alicante, Alicante, p. 449 – 458.
- Carvalho, M. e Vegar, J. (1997) – "Entulhos deixam Lisboa à tona de água", *Expresso* 25 /10/97, Lisboa.
- Cavaco, Carminda (coord), (1979) - *Geografia 3º Volume – Textos Pré-Universitários*. Secretaria de Estado do Ensino Superior, Ministério da Educação, Lisboa.
- Consiglieri, C.; Vargas J. M.; Abel, M. (2000) – *Pelas Freguesias de Lisboa – Campolide e Avenidas Novas*, Biblioteca da Educação, Câmara Municipal de Lisboa, Pelouro da Educação, Lisboa.

- Consiglieri, C.; Ribeiro, F.; Vargas J. M.; Abel M. (1995) – *Pelas Freguesias de Lisboa – De Campo de Ourique à Avenida*, Biblioteca da Educação, Câmara Municipal de Lisboa, Pelouro da Educação, Lisboa.
- Consiglieri, C.; Ribeiro, F.; Vargas J. M.; Abel M. (1996) – *Pelas Freguesias de Lisboa. Lisboa Ocidental*, Biblioteca da Educação, Câmara Municipal de Lisboa, Pelouro da Educação. Lisboa.
- Costa, B. (2000) – Por ribeiras antes navegadas, *Revista Focus* n.º 15, Lisboa, p. 47
- Costa, P. Celestino (1986) – “As cheias rápidas de 1967 e 1983 na região de Lisboa”. *Livro de Homenagem a Mariano Feio*, Lisboa, p. 601-616.
- Christofoletti, A. (1971) – Análise morfométrica das bacias hidrográficas, Biblioteca Geral do Rio de Janeiro, p.1 –19.
- Daveau, S. (1972) – Répartition géographique des pluies exceptionnellement fortes au Portugal. *Finisterra – Revista Portuguesa de Geografia*, VII, 13, Lisboa, p. 5 -28.
- Dias, M. T. (1987) – *Lisboa Desaparecida*, Vol. I, Quimera Editores Lda., Lisboa.
- Direcção Regional de Ambiente e Recursos Naturais (1989) – *Estudo das Causas das Cheias na Região de Lisboa – Relatório Síntese da Bacia Hidrográfica do Rio Loures e Ribeira de Odivelas*, Secretaria de Estado do Ambiente e Recursos Naturais, Lisboa.
- Environmental Systems Research Institute e Federal Emergency Management Agency (1999), ESRI– FEMA, <http://www.esri.com/hazards/makemap.html>.
- Federal Emergency Management Agency (1997) – Hidrologic Hazards - Subpart C - [http://www.fema.gov/mit/tsd/mhira\\_n3.pdf](http://www.fema.gov/mit/tsd/mhira_n3.pdf), in *Multi-Hazard Identification and Risk Assesment* - [http://www.fema.gov/mit/tsd/ft\\_mhira.htm](http://www.fema.gov/mit/tsd/ft_mhira.htm)
- Ferreira, D. B. (1982) – *Les aspects fondamentaux des interactions ocean - atmosphere*. Curso de Mestrado, Centro de Estudos Geográficos, Lisboa.
- Ferreira, D. B. (1984) – *Le système climatique de l’upwelling ouest-ibérique*. Linha de Acção de Geografia Física, Relatório n.º19, CEG, Lisboa.
- Grupo de Trabalho das Cheias (1987) – *A Catástrofe das Cheias. O caso da Ribeira da Laje*, M.P.A.T., Lisboa.
- Grupo de Trabalho das Cheias (1989) – *Estudo das Causas das Cheias na Região de Lisboa: Relatório Síntese da Bacia Hidrográfica do Rio de Loures e da R<sup>a</sup> de Odivelas*, M.P.A.T., Lisboa.
- Gil Olcina, A. (1989) – Causas climáticas de las riadas – *Avenidas fluviales e inundaciones en la cuenca del Mediterráneo* – Instituto Universitário de Geografia de la Universidad de Alicante, Alicante, p. 15 – 30.
- Godinho, S.F. (1982) – Estudo de algumas das maiores chuvadas verificadas em Portugal Continental. *O Clima de Portugal*, XXXI, INMG., Lisboa, p.?????
- Godinho, S.F. (1984) – *Aspectos meteorológicos das inundações de Novembro de 1983*, INMG, Lisboa.
- Godinho, S.F. (1987) – *Valores máximos anuais da quantidade da precipitação – Estimativa dos valores relativos a durações inferiores a 24 horas*, INMG., Lisboa.
- Jambu, M., 1989 – *Exploration informatique et statistique des donnés*, Dunod informatic, Paris.
- Lencastre, A. e Franco, F. (1984) – *Lições de Hidrologia*, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.
- Laboratório Nacional de Engenharia Civil (1986) – *Estudos experimentais de hidrologia urbana na cidade do Porto - Relatório final*, Lisboa.

- Laboratório Nacional de Engenharia Civil (1990) – *As cheias em Portugal – Caracterização das zonas de risco*, 1º Relatório: Análise Preliminar, Relatório 142/90 – NHHF, Lisboa.
- López Bermudes F. e Romero Díaz, M. A. (1989) – Relación entre escorrentías superficiales y características físicas y ambientales (Alto Guadalquivir). *Avenidas fluviales e inundaciones en la cuenca del Mediterráneo*, Instituto Universitario de Geografía de la Universidad de Alicante, Alicante, p.171 - 183.
- López Gomez, A. (1989) – Aguaceros extraordinarios e inundaciones en la costa mediterránea española (1957-1982), *Avenidas fluviales e inundaciones en la cuenca del Mediterráneo* – Instituto Universitario de Geografía de la Universidad de Alicante, Alicante, p. 31–50.
- Martín Vide, J. (1989) – Caracteres cuantitativos de las precipitaciones torrenciales en el litoral mediterráneo español e sus causas sinópticas en la costa catalana, *Avenidas fluviales e inundaciones en la cuenca del Mediterráneo*, Instituto Universitario de Geografía de la Universidad de Alicante. Alicante, p. 117-129.
- Marzol Jaén, M.V. (1989) – *Situaciones atmosféricas de lluvias intensas en Canarias*. – Avenidas fluviales e inundaciones en la cuenca del Mediterráneo, Instituto Universitario de Geografía de la Universidad de Alicante, Alicante, p. 107-116.
- Mateu Bellés, Juan F. (1989) – Ríos y Ramblas mediterráneos. *Avenidas fluviales e inundaciones en la cuenca del Mediterráneo*, Instituto Universitario de Geografía de la Universidad de Alicante, Alicante, p. 133-150.
- Matos, M. R. e Silva, M. H (1986) – *Estudos de precipitação com aplicação no projecto de sistemas de drenagem pluvial. Curvas de Intensidade-duração-frequência em Portugal*, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.
- Matos, M. R. (1987) – *Análise Metodologia e Especificação de Precipitações de Projecto em Portugal*, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.
- Medeiros, C. A. (1996) – *Geografia de Portugal: ambiente natural e ocupação humana, uma introdução*, 4ª ed, Imprensa Universitária, Nº58, Editorial Estampa, Lisboa.
- Oliveira E. A . (1941) – *Esgotos de Lisboa – Estudos de Anteprojecto*, Câmara Municipal de Lisboa, Lisboa
- Oliveira E. A. (1942) – *O regime das chuvas em Lisboa*, Observatório do Infante D. Luís, Lisboa.
- Oliveira P. E. (2002) – *Inundações na cidade de Lisboa – Estudo de Geografia Física*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa, Lisboa.
- Proença, Raul (1979) - *Guia de Portugal I – Lisboa e Arredores*. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.
- Quereda Sala, J. (1989) – Las interacciones atmósfera-océano en la climatología del Mediterráneo occidental, *Avenidas fluviales e inundaciones en la cuenca del Mediterráneo*, Instituto Universitario de Geografía de la Universidad de Alicante, Alicante,
- Quintela, A. C.; Alexandre, L. M. ; Coutinho, M. A. ; Santos, E. G. (1984) - *Seminário sobre as cheias de Novembro de 1983*. Universidade Técnica de Lisboa, Centro de Estudos de Hidrossistemas (CEHIDRO), Secretaria de Estado das Obras Públicas, Lisboa.
- Ramos, C. (1993) – *As cheias de Dezembro de 1989 em pequenas bacias-vertente da margem direita do baixo Tejo*. Estudos de Geografia Física e Ambiente, C.E.G, Linha de Acção de Geografia Física, Rel. nº32, Lisboa, p.119-132.
- Ramos, C. (1994) – *Condições Geomorfológicas e Climáticas das Cheias da Ribeira de Terra e de Rio Maior (Bacia Hidrográfica do Tejo)*, Dissertação de Doutoramento, Universidade de Lisboa, Lisboa.
- Ramos, C. (2000) – *Programa de Hidrogeografia*, Departamento de Geografia, F.L.U.L., Lisboa.

- Rebelo, F. (1997) – Risco e crise nas inundações rápidas em espaço urbano. Alguns exemplos portugueses analisados a diferentes escalas, *Territorium*, 4, p. 29 - 47.
- Rebelo, F. (1999) – A teoria do risco analisada sob uma perspectiva geográfica, *Cadernos de Geografia*, 18, p. 3-13.
- Rebelo, F. e Raposo, A (1998) – As inundações de 2 de Setembro de 1986 na povoação e no Faial da Terra (S. Miguel – Açores). *Cadernos de Geografia*, I E G nº7, p.169-179.
- Rebelo, F. e Ganho, N. (1998) – As inundações do Outono de 1997 no Sul de Portugal, *Territorium*, 5, p. 25-30.
- Reis, E. (1996) – *Aplicação dos Sistemas de Informação Geográfica na Análise Morfométrica das Bacias Hidrográficas*, Dissertação de Mestrado, I.S.T., Lisboa.
- Ribeiro, O. ; Lautensach, H.; Daveau, S. (1988) – *Geografia de Portugal: O ritmo Climático e a Paisagem*. Vol. II. Edições João Sá da Costa, Lisboa.
- Ribeiro, O. 1994 – *Temas Urbanos, Opúsculos Geográficos*. V Volume, Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa.
- Rocha, J. S. (1995) – Prevenção de inundações e reabilitação de edifícios em zonas inundáveis, *Territorium*, 2, p.11-20.
- Rodrigues, A. ; Azevedo, M. F. ; Henriques, A. G. (1985) – “Avaliação de caudais de cheia e mapeamento de zonas inundáveis”, *Recursos Hídricos*, 6 (3), p. 3-12.
- Rolim, M. L. , 1997 – “Plano de emergência ficou na gaveta”, *Expresso* 25/10/97, Lisboa.
- Roxo, M. J. e Ventura, J. E. (1986) – “As inundações catastróficas de Novembro de 1983 na Região de Lisboa - Loures”, *Estudos em Homenagem a Mariano Feio*, Lisboa, p. 391-406.
- Sánchez-Rubio, C.; Ponce Herrero G.; Canales Martínez G. (1989) - Inundaciones em el Bajo Segura. Cronología de una lucha intermitente frente a una amenaza constante (1946-1987), *Avenidas fluviales e inundaciones en la cuenca del Mediterráneo*, Instituto Universitario de Geografía de la Universidad de Alicante, Alicante, p. 309-329.
- Saraiva, M. G. e Ramos A . I. (1992) – Risco de Cheias e ordenamento do Território em Áreas Metropolitanas, *Agros* nº 2, ISA, p.24-31.
- Saraiva, M. G. ; Bernardo F; Ramos Isabel; Correia, F. Nunes (1993) – Sistemas de Informação Geográfica de Áreas de Risco de Cheias. Caso de Setúbal, *II Encontro sobre Sistemas de Informação Geográfica*, ESIG 93, Lisboa.
- Sequeira, M. G. e Cabral, L. V. (1987) – “As cheias na Região de Lisboa. Um problema de ordenamento do território”, II Simpósio Luso-Brasileiro sobre Hidráulica e Recursos Hídricos, A.P.R.H., Lisboa.
- Strahler, A. (1979) – *Geografía Física*, Ediciones Omega S.A., Barcelona.
- Teles, G. R. (1984) – “Últimas inundações provam ruptura do meio físico de Lisboa”. *A Capital* 28/02/84. Lisboa.
- Teles, G. R. (1997) – *Plano Verde de Lisboa* (Componente do Plano Director Municipal de Lisboa), Edições Colibri, Lisboa.
- Telhado, M.J.M. (1998) – *Aplicações de sistemas de informação geográfica na análise do risco de inundação no Concelho de Lisboa*, Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico, Lisboa.
- Torres J. y Calvo F. (1975)- Inundaciones en Murcia. *Papeles de Geografía*, nº VI, p. 29 - 49.
- University of Reading (2002) - Página sobre inundações, <http://www.reading.ac.uk/>, <http://www.personal.rdg.ac.uk/~sgu98cjh/rm/home.htm>

- Velhas, E. (1997) –As cheias na área urbana do Porto. Risco, percepção e ajustamentos. *Territorium*, 4, p. 49 - 62.
- Ventura J. E. (1987) - As gotas de ar frio e o regime da precipitação em Portugal, *Finisterra – Revista Portuguesa de Geografia*, CEG, p. 39 - 69.
- Ventura J.E. (1996) – *Aspectos da distribuição espacial das chuvas no sul de Portugal*, CEG, Área de Geografia Física e Ambiente, Relatório nº 36, Lisboa.
- Verdin and Morel-Seytoux (1981) - User's Manual for XSRAIN-a Fortran IV Programme for Calculation of Flood Hydrographic for ungaged Watershed Federal Highway Administration. D.C., U.S.A.

#### **JORNAIS DIÁRIOS**

- Correio da Manhã 1979 -1992, Lisboa.
- Diário da Manhã 1931-1971, Lisboa,
- Diário de Notícias 1918 -1997, Lisboa.
- Diário Popular 1976 -1979, Lisboa.
- O Mundo 1918 - 1950, Lisboa
- O Século 1918-1976, Lisboa.
- Público 1992-1997, Lisboa

#### **DOCUMENTOS CARTOGRÁFICOS**

- Câmara Municipal de Lisboa (2001) – URBANISMO, 2001, *Lisboa em Mapas*, C.M.L., Lisboa.
- Direção Geral dos Trabalhos Geodésicos (1878), Carta topographica da cidade de Lisboa e seus arredores, Instituto Português de Cartografia e Cadastro, Lisboa.
- Estado Maior do Exército (1911 – 1919) - Carta dos Arredores de Lisboa, Escala 1/20.000, fls. 1, 2, 6 e 7, EME, Lisboa.
- Michelin Edições de Viagem (2001) – *Lisboa Planta (1039) e Índice (39)*, Escala 1/10.000, Lisboa.
- Serviço Cartográfico do Exército (1992–1993) - Carta Militar de Portugal, Escala 1/25.000, fls. 416, 417, 430 e 431, SCE, Lisboa.
- Serviço Cartográfico do Exército (1975–1981) - Carta do Concelho de Lisboa de Lisboa, Escala 1/10.000, fl. 1, 2, 3 e 4, SCE, Lisboa.
- Serviço Nacional de Informação Geográfica - Cobertura eixos de Lisboa SNIG (2001), <http://snig.cnig.pt/CommonFiles/html/info.html>

#### **DOCUMENTOS ESTATÍSTICOS**

- Instituto Geofísico Infante D. Luís - Anais do Instituto Geofísico Infante Dom Luís, 1918 -1997.

#### **SITES DA INTERNET CONSULTADOS**

- American Meteorological Society - <http://www.ametsoc.org/AMS/>
- Prevenção e mitigação de cheias rápidas:  
<http://www.ametsoc.org/AMS/policy/flashfloods2000.html>

Câmara Municipal de Lisboa – Serviço Municipal de Protecção Civil  
<http://www.cm-lisboa.pt/lisboaurb/boletim11/anafonsecagalvao5.htm>  
<http://www.cm-lisboa.pt/dmpgu/boletim9/manuela raposo3.htm>  
<http://www.cm-lisboa.pt/dmpgu/boletim11/anafonsecagalvao1.htm>  
<http://www.cm-lisboa.pt/dmpgu/boletim11/anafonsecagalvao5.htm>  
<http://www.cm-lisboa.pt/cmunicipal/deliberacoes/m9801/r45/232.doc>

Earth Satellite Corporation – Flood Weather Services  
<http://www.earthsat.com/wx/flooding/index.html>

Environmental Systems Research Institute e Federal Emergency Management Agency (1999), ESRI– FEMA, <http://www.esri.com/hazards/makemap.html>.

Federal Emergency Management Agency - <http://www.fema.gov/>  
<http://www.fema.gov/mit/tsd/> - <http://www.fema.gov/msc/state map.com>

Flood Hazard Research Center (Reino Unido) – <http://www.fhrc.mdx.ac.uk/choice.html>

Fluvial.ch (2002) - Flow Modelling and Hazard Analysis - <http://www.fluvial.ch/>

Instituto Geofísico do Infante D. Luís - <http://www.igidl.ul.pt>

Página “Climatologia” – Normais climatológicas – Lisboa IGIDL, 1961-1990.  
<http://www.igidl.ul.pt/climatologia.html>

Página “Meteorologia” – Precipitação diária e precipitação máxima horária. Anais. – Lisboa IGIDL 1989 –1998. <http://www.igidl.pt/paginaprincipal.html>

Instituto de Meteorologia. Portugal - <http://www.meteo.pt>  
 “Alterações do clima de Portugal. Precipitação”  
<http://www.meteo.pt/InformacaoClimatica/AltClimaP.htm>

International Center for Disaster - Mitigation Engineering - Institute of Industrial Science, University of Tokyo - <http://incede.iis.u-tokyo.ac.jp>

Environmental Systems Research Institute e Federal Emergency Management Agency (1999), ESRI– FEMA, <http://www.esri.com/hazards/makemap.html>.

Floodplain Management Association (USA) - <http://www.floodplain.org>

Maine Emergency Manage Agency (USA) – Estado do Maine – <http://www.state.me.us/mema/>

National Oceanic and Atmosferic Amdinistration (USA) - National Weather Service - <http://www.nws.noaa.gov/>

Cooperative Program for Operational Meteorolgy, Education and training (NOAA) - <http://www.comet.ucar.edu>

National Weather Service (USA) – Central Region Headquaters – <http://www.crh.noaa.gov/>

Office Internacional de l’ Eau (France) - <http://www.oieau.fr/inondations/>

The University of Arizona (USA) – Departament of Geosciences – <http://geo.arizona.edu/index.html>

WeatherEye (USA) - <http://weathereye.kgan.com/>

## Índice de Figuras

	<b>Pág.</b>
1. Cidade de Lisboa em 1911–1916 segundo a Carta dos Arredores de Lisboa	37
2. Tendência evolutiva das inundações /ano na cidade de Lisboa, entre 1918/19 e 1997/98	41
3. Tendência evolutiva da precipitação anual em Lisboa – Instituto Geofísico, entre 1918/19 e 1997/98	42
4. Relação entre a precipitação anual e o número de inundações / ano na cidade de Lisboa, entre 1918/19 e 1997/98	43
5. Número de inundações por estação do ano na cidade de Lisboa, entre 1918/19 e 1997/98	44
6. Evolução do número de inundações por estação do ano na cidade de Lisboa, entre 1918/19 e 1997/98	45
7. Número de inundações por mês, na cidade de Lisboa, entre 1918/19 e 1997/98	46
8. Evolução do total de inundações por mês na cidade de Lisboa (1918/19-1997/98)	48
9. Evolução da precipitação, durante o mês de Março, de 1871 a 1999, em Lisboa	49
10. Total de inundações por quinzena na cidade de Lisboa (1918/19-1997/98)	49
11. Frequência dos valores totais das chuvadas que originaram inundações na cidade de Lisboa (1930/31-1997/98)	55
12. Valor total das chuvadas que originaram inundações na cidade de Lisboa (1930/31- 97/98)	55
13. Frequência da duração das chuvadas que originaram inundações na cidade de Lisboa (1930/31- 97/98)	56
14. Duração das chuvadas que originaram inundações na cidade de Lisboa (1930/31- 97/98)	57
15. Frequência das precipitações máximas horárias das chuvadas que originaram inundações na cidade de Lisboa (1930/31- 1997/98)	58
16. Precipitação máxima horária das chuvadas que originaram inundações na cidade de Lisboa (1930/31- 1997/98)	58
17. Hora de ocorrência das precipitações máximas horárias relacionadas com as inundações na cidade de Lisboa (1930/31- 1997/98)	59

	<b>Pág.</b>
18. Relação entre o valor total da chuvada (50 l/m <sup>2</sup> ), duração da chuvada (>4 h) e precipitação máxima horária (>15 l/m <sup>2</sup> )	60
19. Evolução mensal da valor total das chuvadas que originaram inundações na cidade de Lisboa (1930/31- 97/98)	63
20. Evolução mensal da duração das chuvadas que originaram inundações na cidade de Lisboa (1930/31- 97/98)	64
21. Evolução mensal da precipitação máxima horária das chuvadas que originaram inundações na cidade de Lisboa (1930/31-1997/98)	65
22. Limites administrativo da cidade de Lisboa, da área estudada neste capítulo e das bacias de drenagem	75
23. Unidades de relevo da cidade de Lisboa	76
24. Categorias de bacias de drenagem de Lisboa, segundo a área	82
25. O leito do antigo braço do Tejo em Lisboa, na Idade do Ferro	83
26. Categorias de bacias de drenagem de Lisboa, segundo o índice de Gravelius	86
27. Antiga rede de drenagem de Lisboa	86
28. Categorias de bacias de drenagem, segundo a magnitude (Shreve)	87
29. Categorias de bacias de drenagem, segundo a hierarquia (Strahler)	88
30. Categorias de bacias de drenagem, segundo a densidade hidrográfica	88
31. Categorias de bacias de drenagem, segundo o desnivelamento	90
32. Categorias de bacias de drenagem, segundo o declive	90
33. Conjuntos de bacias de drenagem com características morfométricas semelhantes	94
34. A malha urbana de Lisboa face às antigas linhas de água	96
35. Exemplos de vias inundáveis canalizadoras, receptoras e de cruzamentos na cidade de Lisboa	97
36. Exemplos de praças e largos emissores, encaminhadores e receptores na cidade de Lisboa	99
37. Exemplos de vias paralelas, perpendiculares e oblíquas à antiga linha de água na cidade de Lisboa	100
38. Exemplos de áreas deprimidas artificialmente na cidade de Lisboa	101

	<b>Pág.</b>
39. Exemplos de barreiras à circulação das águas na cidade de Lisboa	103
40. Locais inundados na cidade de Lisboa entre 1918/19 e 1997/98	111
41. Total de inundações por local (com mais de dois episódios) na cidade de Lisboa, entre 1918/19 e 1997/98	112
42. Total de inundações nos locais de maior perigosidade da cidade de Lisboa, entre 1918/19 e 1997/98	113
43. Posição dos locais inundados em cada unidade de relevo da cidade de Lisboa, 1918/19 e 1997/97)	122
44. Posição topográfica e declive dos locais inundados na cidade de Lisboa	122
45. Locais inundados na cidade de Lisboa relativamente à sua posição topográfica	125
46. Posição dos locais inundados relativamente às antigas linhas de água da cidade de Lisboa	127
47. Frequência dos locais inundados relativamente aos diversos elementos da malha urbana	129
48. Posição dos locais inundados da cidade de Lisboa, relativamente aos três tipos de eixos e nós	131
49. Posição das vias inundadas face às antigas linhas de água	132
50. Cruzamentos do eixo 1 com os 5 restantes	140
51. Associações entre os factores físicos e antrópicos agravantes das inundações na cidade de Lisboa	142
52. Áreas inundadas em Lisboa no séc. XX, e respectiva perigosidade	149
53. Áreas que deixaram de ser inundadas nas décadas: A – 50; B – 60; C – 70; D – 80; E – 90, do século XX	151
54. Décadas de ocorrência da última inundação, nas diferentes áreas inundadas (1918 a 1997)	152
55. Locais inundados em Lisboa nos dias 18 de Novembro de 1945 e 18 de Outubro de 1997	154



## Índice de Quadros

	<b>Pág.</b>
1. Precipitações críticas para a cidade de Lisboa, para diferentes durações	28
2. Limites mínimos de valores de precipitação considerados “anómalos”, por período de tempo, para Lisboa	29
3. Valores de precipitação, obtidos através das curvas I-D-F por períodos temporais, aplicados a diferentes períodos de retorno	30
4. Variação das inundações nos sub-períodos I, II e III	41
5. Frequências relativas mensais de inundação entre 1918/19 e 1997/98	47
6. Total de inundações por quinzena, entre 1918/19 e 1997/98	50
7. Tendência evolutiva do total de inundações por quinzena, entre 1918/19 e 1997/98	51
8. Inundações com origem em precipitações de grande magnitude na cidade de Lisboa	61
9. Tendência mensal de evolução do total de inundações e parâmetros pluviométricos na cidade de Lisboa, entre 1930/31 e 1997/98	66
10. Tendência quinzenal de evolução do total de inundações e dos parâmetros pluviométricos na cidade de Lisboa, entre 1930/31 e 1997/98	67
11. Unidades de relevo da cidade da cidade de Lisboa	76
12. Elementos do relevo utilizados na definição dos factores agravantes das inundações urbanas	80
13. Dimensão das bacias de drenagem da cidade de Lisboa	82
14. Correlações entre os vários parâmetros morfométricos	91
15. Agrupamento das bacias de drenagem com base em parâmetros morfométricos semelhantes	92
16. Factores físicos e antrópicos das inundações na cidade de Lisboa analisados	103
17. Altura da água atingida nos locais de maior frequência de inundação entre 1918 e 1997	116
18. Frequências absolutas dos locais inundados face aos factores físicos agravantes das inundações na cidade de Lisboa entre 1918/19 e 1997/98	121

	<b>Pág.</b>
19. Frequências absolutas dos locais inundados face aos factores antrópicos agravantes das inundações na cidade de Lisboa	128
20. Classes de locais segundo a frequência de inundações (1918/19 – 1997/98)	134
21. Correlações positivas $\geq + 0,40$ entre as variáveis	135
22. Valor próprio e percentagem de explicação dos 27 eixos	137
23. Contribuições absolutas e relativas das variáveis activas nos seis primeiros eixos	138
24. Contribuições relativas das modalidades suplementares nos seis primeiros eixos	138
25. Tipologia dos locais afectados pelas inundações na cidade de Lisboa	144
26. Perigosidade das áreas inundadas na cidade de Lisboa, no séc. XX	148
27. Parâmetros pluviométricos registados nos dias 18 /11/48 e 18/10/97, em Lisboa	153
28. Parâmetros pluviométricos das inundações ocorridas em 1997 em Lisboa	159

## ÍNDICE DE FOTOS

	<b>Pág.</b>
1. “Porta-comporta”, com cerca de 2 m de altura, de um restaurante em Alcântara, em posição deprimida relativamente à Av. de Ceuta	115
2. “Porta-comporta”, com cerca de 2,5 m de altura, e janela blindada no Regueirão dos Anjos	115
3. Comporta amovível de 80 cm de altura, colocada numa papelaria da Rua Dr. João Soares, no Campo Grande	117
4. Comporta amovível, de 60 cm de altura, enquadrada esteticamente com a porta que protege, na Rua de Santa Marta	117
5. Emparedamento de antigas portas e manutenção da comporta amovível (cerca de 1,10 m) na entrada do “Café-Café”, em Alcântara	118
6. Emparedamento de porta antiga, com cerca de 90 cm de altura, passando a funcionar como janela, na Rua dos Caminhos-de-Ferro (a Santa Apolónia)	118
7. Comporta bi-amovível, com Portinhola de acesso ao edifício, na Rua Cais do Tojo, perto do Largo do Conde Barão	120
8. Reforço em metal da base da porta de madeira, para evitar a sua degradação pela água, na Estrada de Benfica	120
9. “Gradeamento-comporta”, com cerca de 70 cm de altura, protegendo a entrada de um prédio situado abaixo do nível da Av. 24 de Julho	120
10. Rua de Xabregas junto à ponte do caminho-de-ferro, durante as inundações de 18-11-68	145
11. Inundação da Rua da Bica do Sapato junto à ala Norte da Estação de Santa Apolónia no dia 14-10-65	145
12. Rua das Portas de Santo Antão no dia 10-10-62	147
13. Largo de São Domingos (ao Rossio) no dia 10-10-62	147
14. Aspecto da inundação de 18 de Novembro de 1945 na Av. 24 de Julho	157
15. Aspecto da inundação de 18 de Novembro de 1945 no Cais do Sodré	157
16. Aspecto da inundação de 18 de Novembro de 1945 no Terreiro do Paço	158
17. Aspecto da inundação de 18 de Novembro de 1945 no Regueirão dos Anjos	159
18. Aspecto da inundação na tarde de 18 de Outubro de 1997 na Rua das Portas de Santo Antão	161
19. Aspecto da inundação na tarde de 18 de Outubro de 1997 na Rua das Portas de Santo Antão	161

