



Andreia Susana Dinis Martins

RISCO DE INUNDAÇÃO NA ÁREA URBANA DE ÁGUEDA

Dissertação de Mestrado em Geografia Física – Ambiente e Ordenamento do Território, orientada pelo
Doutor Luciano Fernandes Lourenço, apresentada ao Departamento de Geografia da Faculdade de Letras da
Universidade de Coimbra.

2014



UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Faculdade de Letras

Risco de inundação na área urbana de Águeda.

Ficha Técnica:

Tipo de trabalho	Dissertação de Mestrado
Título	Risco de inundação na área urbana de Águeda.
Autor/a	Andreia Susana Dinis Martins
Orientador/a	Luciano Fernandes Lourenço
Júri	Presidente: Doutora Adélia de Jesus Nobre Nunes
	Vogais:
	1. Doutor Francisco Silva Costa
	2. Doutor Luciano Fernandes Lourenço
Identificação do Curso	2º Ciclo em Geografia
Área científica	Geografia Física
Especialidade/Ramo	Ambiente e Ordenamento do Território
Data da defesa	23-10-2014
Classificação	18 Valores



UNIVERSIDADE DE COIMBRA

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, por toda a dedicação e apoio que me proporcionaram ao longo do meu percurso escolar e acadêmico, mas sobretudo pelo incentivo que sempre me deram em ir mais além.

Ao Doutor Luciano Fernandes Lourenço pela ajuda que me deu desde a fase mais precoce e incipiente do trabalho até à sua fase final.

Ao Flávio pela paciência.

Ao Eduardo, ao João e ao Jorge, amigos de todas as horas e companheiros incansáveis de todo o percurso acadêmico. Ao André que apesar de ausente também acompanhou parte de toda a caminhada.

“É um momento solene [...] Este é o reino do Vouga, mas não há-de o viajante esquecer as ajudas da arraia-miúda de rios, ribeiras e ribeirinhos que das vertentes das Serras da Freita, de Arestal e do Caramulo [...] Digam-se os nomes de alguns, de norte para o sul [...]: Antuã, Ínsua, Caima, Mau, Alfusqueiro, Águeda, Cértima, Levira e Boco, fora os que só têm nome para quem vive à borda deles e os conhece de nascença.”

José Saramago, *in Viagem a Portugal* (pág. 119)

RESUMO

As cheias/inundações são a catástrofe natural que mais pessoas afetam em todo o mundo. Em Portugal, a área urbana de Águeda, atravessada pelo rio com o mesmo nome, é uma das áreas de maior ocorrência deste evento, facilitada pelos declives acentuados da Serra do Caramulo (formada por xistos e granitos), onde nasce o rio Águeda, mas sobretudo pela grande impermeabilização de áreas aluvionares, em toda a bacia.

A juntar a estes problemas de escoamento, há ainda a salientar os incêndios florestais, que têm vindo a dizimar a Serra do Caramulo. Após estes, as chuvas têm proporcionado uma forte erosão, ao arrastar material queimado para o rio Águeda, que se vai acumulando e dificultando ainda mais o escoamento, chegando os níveis hidrométricos, com menores quantitativos de precipitação a atingir registos quase históricos. Foi o que aconteceu no ano hidrológico de 2013-2014.

Palavras-chave: Cheias/Inundações, rio Águeda, área urbana de Águeda, Precipitação, Erosão após incêndios florestais.

ABSTRAT

The floods are the natural hazard that affect more people around the world. In Portugal, the urban area of Águeda, crossed by the river with the same name, is one of the largest areas of occurrence of this event, facilitated by the steep slopes of Serra do Caramulo (formed by granites and schists), where the river Águeda born, but mainly by large alluvial areas waterproofing, in all basin.

In addition to these flow problems, there is still stress the forest fires that have been ravaging the mountains of Caramulo. After these, the precipitation have provided a strong erosion, dragging burned material to the river Águeda, which will accumulate and further hindering the flow reaching the hydrometric levels, with minor quantitative precipitation reaching almost historical records. It happened in the hydrological year 2013-2014.

Keywords: floods, Águeda river, urban area of Águeda, precipitation, erosion after forest fires.

INTRODUÇÃO

Tal como afirma Paiva (2005) uma das áreas mais afetadas por inundações, em Portugal, é precisamente a cidade de Águeda, banhada pelo rio com o mesmo nome.

O rio Águeda é o principal afluente do rio Vouga e nasce na Serra do Caramulo, perto da localidade de Varzielas (concelho de Oliveira de Frades), a cerca de 1076 metros de altitude, numa área composta, essencialmente, por xistos e granitos. Tem como afluentes principais, pela margem direita, os rios Agadão e Alfusqueiro, e, pela margem esquerda, o rio Cértima¹. No século XI, quando a laguna de Aveiro, vulgarmente, (mal) designado por Ria de Aveiro, ainda não estava formada, tal como a conhecemos hoje, os rios Águeda e Cértima seriam independentes um do outro, sendo a Pateira de Fermentelos o último vestígio do esteiro onde ambos desaguariam (Girão, 1922). Desagua, em Requeixo, no concelho de Aveiro, depois de percorrer cerca de 35 Km.

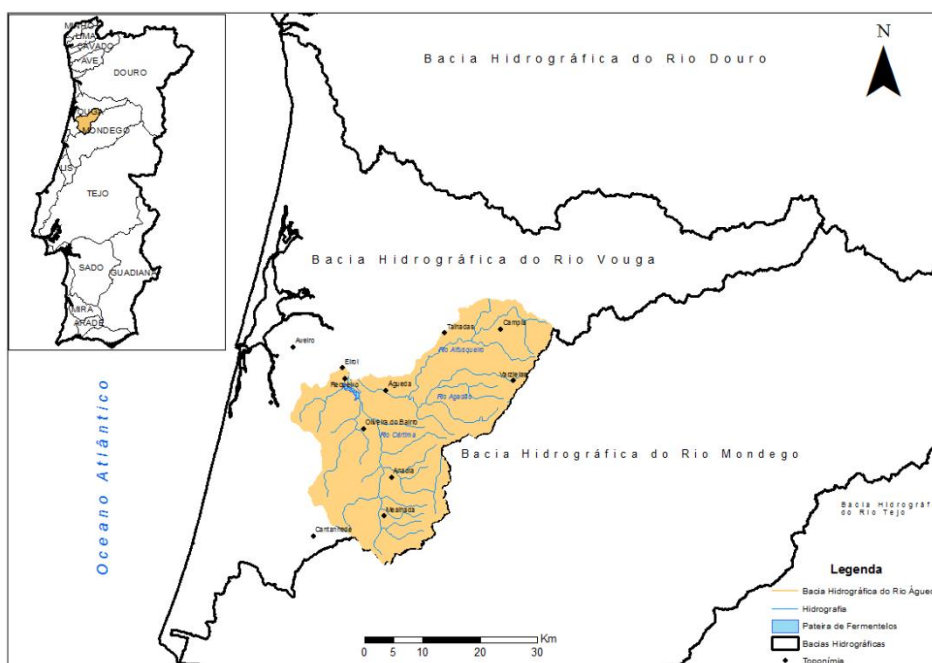


Fig. 1 – Enquadramento geográfico da bacia hidrográfica do rio Águeda.

Abarca uma área de 971 Km², integrando um vasto conjunto de municípios: Sever do Vouga, Oliveira de Frades, Vouzela, Aveiro, Águeda, Tondela, Vagos, Oliveira do Bairro, Anadia, Mortágua, Cantanhede, Mealhada e Penacova.

¹ Muitas vezes também designado por Cértoma.

Além de evidentemente, ser limitada pela área de drenagem do rio Vouga (a norte), conflui ainda com a bacia hidrográfica do rio Mondego (a este e sul) e com as ribeiras costeiras (oeste). Estas últimas são vulgarmente referenciadas como integrantes da bacia hidrográfica do rio Vouga (Plano de Gestão da Bacia Hidrográfica do rio Vouga, 2012).

A escolha desta área para a realização desta dissertação deve-se a questões de proximidade física e a uma curiosidade, que pode ser expressa na seguinte pergunta: “Porque ocorrem inundações todos os anos, em Águeda?”. Assim, o nosso primeiro objetivo é, através do estudo, das características físicas da bacia hidrográfica do rio Águeda, diagnosticar os problemas que poderão causar cheias e as (nem sempre) consequentes inundações². Outros dos fundamentos desta dissertação são: conhecer e compreender a frequência das inundações na área urbana de Águeda e tentar averiguar quais as medidas de mitigação do risco que já foram tomadas, de modo a perceber se foram úteis na resolução do problema. No entanto, o propósito primordial passa por perceber se os incêndios florestais e a iminente erosão que lhe sucede poderá (ou não) afetar as pontas de cheia, dificultando o escoamento e, como tal, causar inundações de grande amplitude que nunca seriam causadas por precipitações tão insignificativas. Acompanhámos uma situação destas durante o desenrolar deste trabalho, tendo por isso optado por a escolher para exemplificação – o ano hidrológico de 2013-2014.

Esta dissertação de mestrado divide-se em quatro partes.

A primeira parte (“Caraterização física da bacia hidrográfica do rio Águeda), e em consequência da sua anterior independência uma da outra, as bacias hidrográficas dos rios Águeda e Cértima apresentam fisionomias completamente distintas, optou-se por fazer uma comparação entre ambas (doravante designadas por sub-bacia do rio Águeda e sub-bacia do rio Cértima) e a bacia hidrográfica geral. Estudou-se a geologia, geomorfologia, climatologia, hidrografia e hidrologia e ocupação e uso do solo.

² Importa esclarecer dois conceitos vulgarmente confundidos: cheias e inundações. O primeiro refere-se à dinâmica hidrológica de um determinado curso de água (“subida, geralmente rápida, do nível de um curso de água até um máximo a partir do qual desce em geral mais lentamente”, segundo o Dicionário Internacional de Hidrologia - <http://webworld.unesco.org/water/ihp/db/glossary/glu/PT/GF0460PT.HTM>). O segundo refere-se à submersão de áreas que não pertencem ao canal fluvial (“submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água ou acumulação de água proveniente de drenagens, em zonas que normalmente não se encontram submersas”, segundo o Dicionário Internacional de Hidrologia - <http://webworld.unesco.org/water/ihp/db/glossary/glu/PT/GF0469PT.HTM>).

Descreveu-se a geologia e litologia, a partir da carta geológica de Portugal, à escala 1:500.000 e da *shapefile* do Atlas do Ambiente, disponível na Internet, e a partir da consulta de Carta Geológica de Portugal (Folha Norte), a hipsometria a partir da altimetria das cartas militares de Portugal (escala 1:25.000) e os declives adotou-se a metodologia aplicada por Lourenço (2004).

Fez-se a caracterização climática da bacia hidrográfica do rio Águeda, construindo dois gráficos termopluiométricos (segundo o método de Gausson (Lourenço, 1988)), para as estações do Caramulo e de Oliveira do Bairro – as duas únicas estações meteorológicas que conjugam valores de precipitação e temperatura, na área em estudo – ambos referentes ao período compreendido entre 1931 e 1961. Uma vez que este trabalho se prende com questões hidrológicas, optou-se por fazer corresponder estes ao ano hidrológico (de outubro a setembro). Os dados para a sua execução do gráfico termopluiométrico de Oliveira do Bairro foram adquiridos através do *site* do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos, no caso da precipitação, e do *site* da Câmara Municipal de Oliveira do Bairro, no caso da temperatura. Para a estação do Caramulo, os dados foram adquiridos a partir das Normais Climatológicas 1931-1960, consultadas em suporte papel.

Ainda no que toca à caracterização climática da área em estudo, tentou-se ainda fazer um estudo udométrico mais ou menos pormenorizado, recorrendo sempre à comparação entre Oliveira do Bairro e Campia (entre os anos hidrológico de 1931-1932 e de 2008-2009)³, uma vez que a área em estudo não está amplamente coberta de postos udométricos. Na ausência de registos de precipitação diária foram utilizados dados do posto udométrico de Cantanhede, no caso de Oliveira do Bairro, e de Varzielas, para Campia. Nos Anuários dos Serviços Hidráulicos também encontramos a estação do Caramulo e do Bussaco, no entanto, para ambas não existe registo diário de precipitação, ao contrário do que acontece para aos dois postos anteriores.

Ambas as estações são udométricas e udográficas e, segundo o Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (www.snirh.pt – consultado a 11 de Novembro de 2013), apresentam uma série anual de grande fiabilidade, uma vez que o índice de qualidade para Oliveira do Bairro é de 15, e de 14, no caso de Campia. Estes valores

³ Por uma questão de coerência, os dados relativos à precipitação diária deveriam ser até ao ano hidrológico de 2010-2011, pelo menos. No entanto, as estações meteorológicas de Campia e de Oliveira do Bairro encerraram a sua atividade no ano hidrológico de 2008-2009.

significam que essas mesmas séries não apresentam grandes falhas, ao longo do período em que as estações se mantiveram em funcionamento.

Para ambas as estações, analisamos estatisticamente a variabilidade interanual, a variabilidade mensal, o número anual de dias com precipitação, a precipitação máxima diária registada em cada ano hidrológico e a duração máxima das chuvadas (número máximo de dias seguidos com precipitação durante um determinado ano hidrológico), bem como a precipitação acumulada durante estes episódios.

No que toca à hidrologia geral da bacia fomos bastante sucintos. Nunca descartando a comparação entre a sub-bacia do rio Águeda e do rio Cértima, obtivemos o comprimento máximo, a área e o perímetro da bacia com recurso ao *software* ArcGIS 10.1, a partir dos quais tentámos equacionar a propensão da bacia hidrográfica a cheias, recorrendo ao cálculo dos seguintes índices morfométricos: coeficiente de compacidade, índice de circularidade, alongamento da bacia, fator de forma, índice de forma, relação entre comprimento e área, índice de homogeneidade e índice de lemniscato.

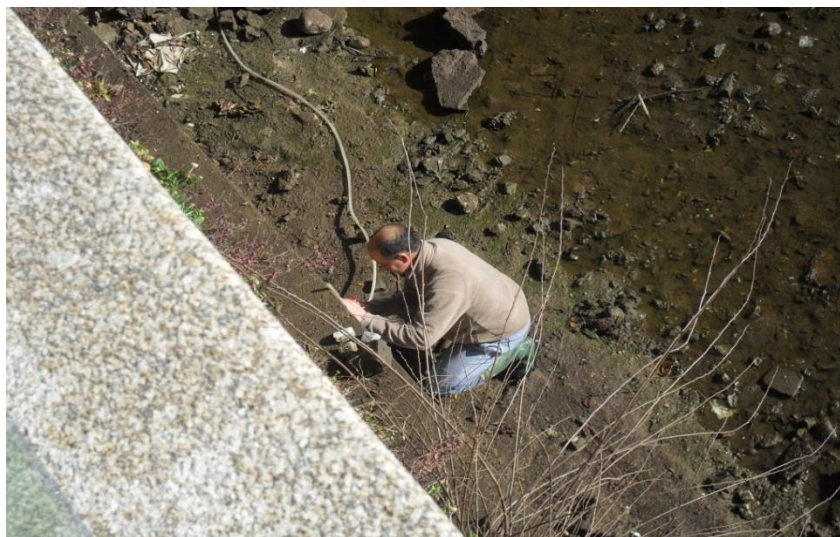
Outra da parte respeitante à fisionomia da área em estudo é a ocupação e uso do solo, conseguida a partir do *Corine Land Cover* (disponível online em http://www.igeo.pt/e-IGEO/egeo_downloads.htm - consultado a 27 de Novembro de 2013).

A segunda parte, referente à hidrologia da bacia hidrográfica do rio Águeda (“*A dinâmica hidrológica da bacia hidrográfica do rio Águeda – a montante da confluência com o Cértima*”) realça as inundações do rio Águeda, com base na estação hidrométrica de Ponte de Águeda.

Tal como acontece com as estações meteorológicas/climatológicas, na bacia hidrográfica do rio Águeda, não existe uma ampla e coerente distribuição de estações hidrométricas, muito menos com séries longas, que nos permitam perceber, pormenorizadamente, a dinâmica hidrológica desta bacia. Anteriormente, verificamos que a sub-bacia do Cértima é maior que a sub-bacia do Águeda, mas que, no entanto, apenas tem duas estações deste tipo. A primeira, num dos seus afluentes, no rio da Serra, em Vila Nova de Monsarros (concelho de Anadia), que apenas esteve em funcionamento entre 1978 e 1990. A segunda, em Ponte Perrães, perto da confluência com o rio Águeda, para a qual já não há dados disponíveis. Existem outras quatro estações hidrométricas: Ribeiro, Ponte da Redonda, Ponte de Águeda e Ponte do Requeixo, respetivamente, de montante

para jusante. Todas apresentam séries longas, com início nos anos 30, do século XX. Para esta análise, a abordagem mais correta seria a análise estatística dos dados hidrométricos referentes a Ponte do Requeixo, uma vez que se situa muito perto da confluência com o rio Vouga, o que nos daria uma visão geral da dinâmica hidrológica de toda a bacia hidrográfica do Rio Águeda. No entanto, e uma vez que existe uma estação hidrométrica na nossa área de estudo (Ponte de Águeda), optámos por examinar os registos da mesma, presentes no *site* do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (www.snirh.pt).

Neste segundo capítulo, em primeiro lugar, foi analisado o escoamento do rio Águeda, quer em termos anuais, quer em termos mensais, para o período compreendido entre 1935-1936 e 1989-1990). De seguida tentou-se compreender as alturas hidrométricas características do rio Águeda (média anual, extremos anuais – mínimos e máximos – e média mensal), tendo como base para esta estatística o nível médio diário e o nível hidrométrico instantâneo⁴.



Fot. 1 – Avaliação do limiar mínimo para a ocorrência de inundações.

Posteriormente e, depois de ter sido previamente determinado o limiar mínimo para a ocorrência de inundações na área urbana de Águeda (3,40 metros na margem sul e

⁴ Durante a atividade do tipo convencional (até 30 de setembro de 1990), a estação hidrométrica de Ponte Águeda, além do caudal médio diário, apenas registava o nível médio diário e o nível instantâneo máximo anual, tendo sido, sobretudo, a partir do primeiro parâmetro que executámos a análise da dinâmica hidrológica do rio Águeda. A partir de 13 de janeiro de 1997, com a entrada em funcionamento da estação automática iniciou-se também o registo do nível hidrométrico instantâneo. No entanto, e, por uma questão de coerência, optámos por a partir dos sucessivos registos diários calcular a média dos mesmos.

4,90 metros na margem norte), realizado na unidade curricular de Seminário II da licenciatura em Geografia (ano letivo 2011-2012), sob a orientação do Doutor Luciano Lourenço⁵, abordou-se a frequência das mesmas, tendo sido feita, de seguida uma categorização das mesmas.

Finalmente, foi lançado especial destaque ao caso excepcional do inverno de 2000-2001, ano hidrológico em que se verificou a inundação com maiores proporções desde que há registro, em que o rio  gueda atingiu 6,62 metros de nível hidrométrico instantâneo, às 19h50 do dia 26 de janeiro (GUEDES, 2006), a partir do nível hidrométrico instantâneo máximo diário.

Na terceira parte da disserta o (*O Des (ordenamento) da Bacia Hidrográfica do rio  gueda*), foi abordado aquele que porventura será o maior causador de problemas de inunda es - a ocupa o ilícita e conseqüente impermeabiliza o de áreas aluvionares – tendo como base teórica os sucessivos diplomas legais aplicados, quer a nível europeu, nacional, regional ou mesmo local. De seguida, procedeu-se   demonstra o das áreas passíveis de inunda o e   descri o das medidas de mitiga o do risco de inunda o que têm vindo a ser implementadas na área em estudo.

Finalmente, na quarta e última parte (*As inunda es como conseq ncia da erosão após incêndios florestais: o caso do ano hidrológico de 2013-2014*), procedeu-se ao estudo do histórico dos incêndios florestais na bacia hidrográfica do rio  gueda, incidindo sobretudo na área da Serra do Caramulo, a partir dos dados disponibilizados gratuitamente no *site* do Instituto de Conserva o da Natureza e das Florestas (www.icnf.pt). Analisou-se os grandes incêndios florestais do Caramulo, ocorridos entre 20 de agosto e 2 de setembro de 2013, e as inunda es seguintes durante o outono-inverno de

⁵ Aproveitando, uma altura caraterística de estiagem (0,55 metros), no dia 26 de fevereiro de 2012, procedeu-se, com uma mangueira de nível,   avalia o deste valor (fotografia 1). Com a dita mangueira tirou-se o nível do zero da escala hidrométrica para o muro envolvente ao rio, medindo posteriormente esse nível até ao limite a partir do qual a água transbordar . De facto, na margem norte do rio  gueda,   onde se encontra a área urbana da cidade com o mesmo nome, “protegida”, em parte, a montante, por um muro com 5,60 metros, a partir do zero hidrométrico. A jusante, encontra-se protegida por um muro com cerca de 4,90 metros. Na margem esquerda não existem estruturas dessas, sendo por isso mais fácil ocorrerem inunda es.

2013-2014, em que se estudou a precipitação (mensal e máxima diária mensal)⁶ e os níveis hidrométricos observados (com base nos registo hidrométricos da estação de Ponte de Águeda - deixou de funcionar em 2 de janeiro de 2014).

Por final, e para perceber se, realmente os incêndios florestais intensificam as inundações recorreu-se a dois exercícios – a comparação entre a precipitação ocorrida em 2013-2014 e a precipitação semelhante em anos hidrológicos anteriores (com as respetivas respostas hidrométricas) e comparação entre registos hidrométricos verificados neste mesmo ano e os semelhantes observados em anos hidrológicos anteriores (com a precipitação que lhe deu origem).

⁶ A informação relativa à precipitação durante o período entre outubro de 2013 e março de 2014 foi retirada dos boletins climáticos mensais, do IPMA. Optou-se pela escolha de outubro por se o início do ano hidrológico. Os valores das normais climatológicas (1971-2000 e 1981-2010) foram retirados diretamente do *site* do IPMA. Foram selecionadas as estações de Aveiro, Coimbra e Viseu porque são as que estão em funcionamento e simultaneamente se encontram mais perto da área de estudo, apesar de nenhuma delas integrar a bacia hidrográfica do rio Águeda.

**PARTE I – CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ÁGUEDA**

Frequentemente designado e compreendido como um risco hidrológico, as cheias são causa e consequência de fenómenos climáticos, podendo muitas vezes ser entendido como tal. Implicam a consideração de “elementos naturais (declives, impermeabilidade do substrato rochoso, dimensão e forma da bacia, características do coberto vegetal,...) e humanas (barragens, diques, ocupação do solo,...)” (Costa, 2013).

1. GEOLOGIA E LITOLOGIA

Segundo a Carta Geológica de Portugal (escala 1:500.000 – Folha Norte), a área em estudo localiza-se em 2 setores: a Orla Ocidental e à Zona Centro Ibérica, do Maciço Antigo, separadas pelo “importante alinhamento tectónico que se desenvolve entre Porto e Tomar” (Plano da Bacia Hidrográfica do rio Vouga, 2012). Isto significa que, na área de drenagem do rio Águeda encontram-se as rochas mais antigas e, em contrapartida, encontram-se as mais recentes na área de drenagem do rio Cértima (fig. 2).

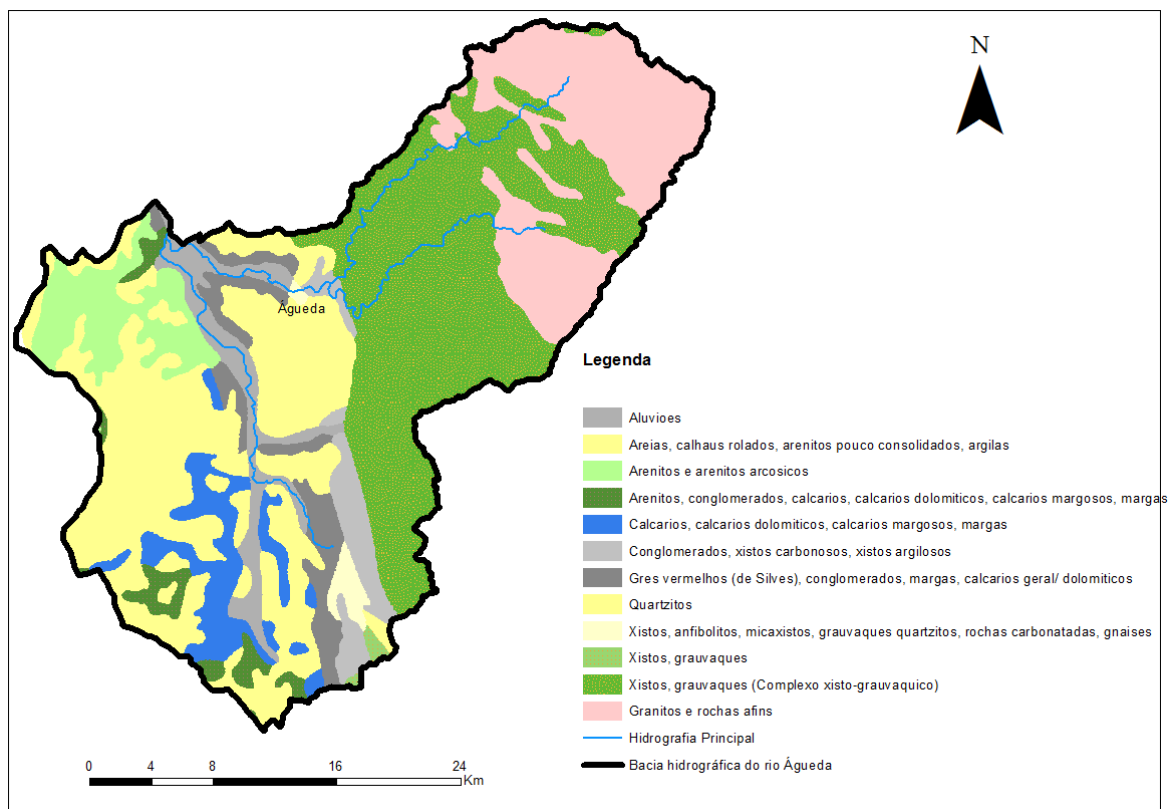


Fig. 2 – Litologia da bacia hidrográfica do rio Águeda (segundo a Carta Geológica de Portugal 1:500.000 – Folha Norte).

Na Serra do Caramulo, isto é, na área onde nasce o rio Águeda, existem não só formações magmáticas, constituídas por rochas plutónicas – os granitos e rochas afins –

mas também formações sedimentares (conglomerados, xistos carbonosos, e xistos argilosos) e metamórficas (xistos e grauvaques, do complexo xisto-grauváquico; e quartzitos). No setor que faz a transição entre o Maciço Antigo e a Orla Mesocenozóica, numa área que se estende também à Serra do Bussaco (a sudoeste) observa-se a presença de conglomerados, xistos carbonosos e xistos argilosos (do Permocarbónico Continental), mas também de outras formações sedimentares e metamórficas: quartzitos (do Ordovícico ao Devónico); xistos e grauvaques (do Ordovícico ao Silúrico); e xistos, anfíbolitos, micaxistos, grauvaques, quartzitos, rochas carbonatadas e gnaisses. Em termos hidrológicos, isto é, nas características que podem condicionar ou favorecer o escoamento superficial, estas rochas são pouco permeáveis e pouco porosas, pelo que dificultam a percolação da água das chuvas, favorecendo a escorrência

À medida que nos deslocamos para oeste, observa-se a presença de formações litológicas mais recentes. Assim, começam por aparecer grés vermelhos (de Silves), da base do Jurássico, a norte da Serra do Bussaco, por vezes cobertos por materiais mais recentes do Pliocénico e mesmo por aluviões (do Holocénico), tanto do Rio Águeda como do Rio Cértima. Para ocidente, desenvolvem-se outras formações do Jurássico - são os calcários, calcários dolomíticos, calcários margosos e margas, a que se sucedem, nomeadamente na área de Oliveira do Bairro, arenitos e arenitos arcósicos do Cretácico.

Sob estas formações encontram-se por vezes, areias, calhaus rolados, arenitos pouco consolidados e argilas (do Plio-Plistocénico), bem como arenitos, conglomerados, calcários dolomíticos e calcários margosos (do Paleogénico).

Estas formações mais recentes caracterizam-se pela sua permeabilidade e porosidade o que favorecerá a infiltração da água, em detrimento do escoamento superficial.

No que respeita à tectónica, na bacia hidrográfica do rio Águeda, não há evidência de falhas importantes, que condicionem o escoamento.

2. GEOMORFOLOGIA

Como pertence a duas unidades morfoestruturais diferentes, a bacia hidrográfica do rio Águeda apresenta um relevo bastante diversificado. A área integrada no Maciço Antigo, além ser mais antiga em termos de formações geológicas, apresenta também maiores altitudes, declives mais acentuados e vales encaixados. Por outro lado, a área

integrada na Orla Mesocenozóica, é mais recente em termos geológicos, e apresenta menores altitudes, declives mais suaves e vales abertos, muitos deles com leitos de inundação (fig. 3).

Na sub-bacia do rio Cértima, com exceção da área drenada na Serra do Bussaco, a sudeste, o relevo é baixo, não ultrapassando 200 metros de altitude. Essa situação não se verifica na sub-bacia do Águeda, onde a altitude chega a atingir 1076 metros, na Serra do Caramulo.

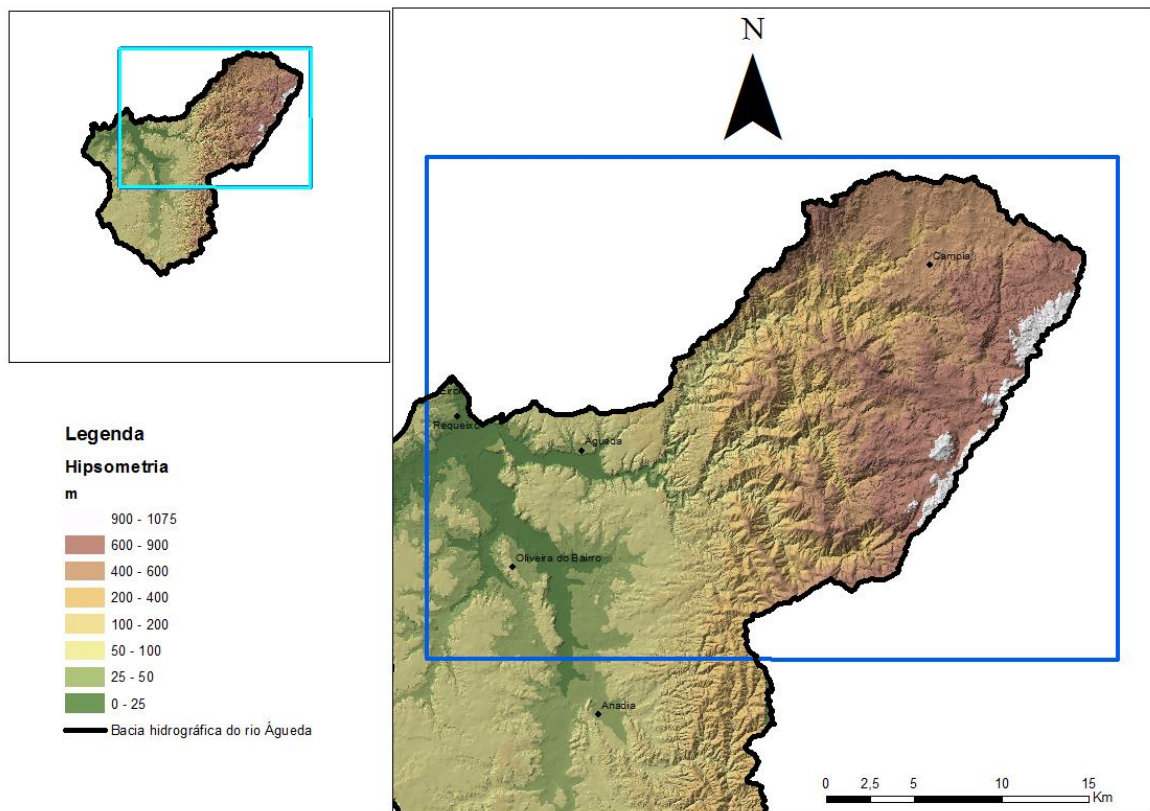


Fig. 3 – Hipsometria da bacia hidrográfica do rio Águeda.

No geral, a bacia hidrográfica do rio Águeda é caracterizada por relevos baixos, uma vez que a altitude média da bacia é de 230 metros. Cerca de 50% (mais precisamente 48,9%) da área da bacia (475,8 Km²) não ultrapassa 100 metros de altitude e 12,7% (123,2 Km²) situa-se entre 100 e 200 metros. Estas duas faixas altitudinais, em conjunto, totalizam mais de 61% da área em estudo (599 Km²), ou seja mais de metade do total. Em contrapartida, as áreas de maior altitude, correspondentes a parte das Serras do Caramulo e do Bussaco, são pouco representativas.

É nestas áreas mais montanhosas que se encontram os declives mais acentuados e porque estes controlam, a velocidade com que se dá o escoamento superficial e,

“consequentemente, o tempo que leva a água a concentrar-se nos leitos fluviais” (Lencastre; Franco, 1984). Tal quer dizer que em áreas de declives mais acentuados, o escoamento superficial é mais rápido, e conduz a, pontas de cheias mais rápidas e repentinas. Pelo contrário, em áreas de declives suaves, o escoamento superficial torna-se mais lento.

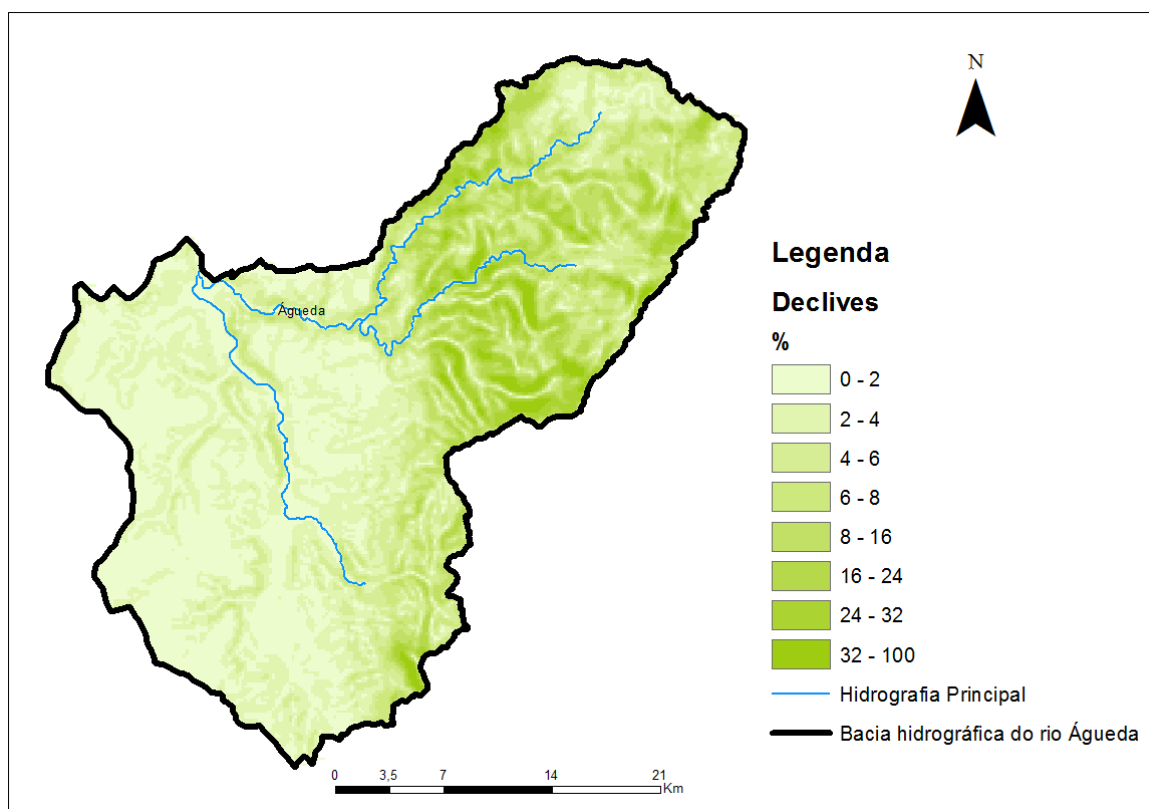


Fig. 4 – Declives da bacia hidrográfica do rio Águeda.

Na bacia hidrográfica do rio Águeda os declives não são muito significativos, sobretudo devido às baixas altitudes da bacia (fig. 4)⁷. Declives mais significativos (acima de 24%) encontram-se sobre tudo na área de drenagem do rio Águeda, a montante da cidade com o mesmo nome, mas também na Serra do Caramulo e do Bussaco. Os maiores declives (entre 40 e 56%) são observados em algumas das margens da sub-bacia do rio Águeda.

⁷ Segundo Lourenço (2004) deve ser escolhido um intervalo entre classes de 8% por “razões de ordem prática uma vez que em engenharia civil se considera que as vertentes com declives superiores a este limiar começam a apresentar dificuldades na construção. No entanto, e, por esta dissertação ser iminente de cariz hidrológico, decidiu-se também representar, de forma detalhada, as classes de declives inferiores a 8%, por serem terrenos suscetíveis de serem inundados, por terem declives mais reduzidos.

Assim, através da análise dos declives, podemos considerar a sub-bacia do rio Cértima como tendo mais áreas suscetíveis a inundações, relativamente à sub-bacia do rio Águeda, uma vez apresentas declives mais reduzidos.

3. CLIMATOLOGIA⁸

A análise de dados climáticos respeitantes a uma bacia hidrográfica é sempre importante, especialmente no que concerne à precipitação, sendo que é a principal forma de *input*, quer seja na forma líquida ou sólida.

Em primeiro lugar, tentou-se perceber qual tem sido a distribuição da temperatura e da precipitação, em termos médios, na bacia hidrográfica do rio Águeda.

3.1. TEMPERATURA

Os valores médios mensais de temperatura e de precipitação das duas estações meteorológicas em estudo, apresentam diferenças claramente notórias (fig.5 e 6). Isto deve-se ao facto da estação do Caramulo se situar numa área mais montanhosa do que Oliveira do Bairro e, por isso, ser afetada pela sua maior altitude. Assim, enquanto que no Caramulo a média das temperaturas anuais é de 12,4°C, em Oliveira do Bairro é de 15,5°C, ou seja, mais de 3°C, o que representa uma diferença significativa, atendendo à proximidade destas estações, 28 Km em linha reta. No que concerne à precipitação, a média anual em Oliveira do Bairro é de 909 mm, enquanto que no Caramulo é de 2165,8 mm, ou seja, cerca de 2,4 vezes mais!

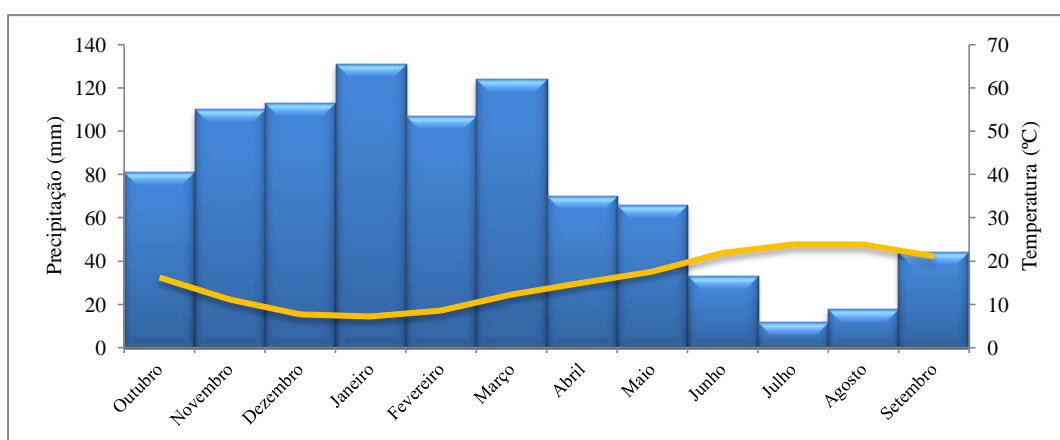


Fig. 5 – Gráfico Termopluiométrico da estação de Oliveira do Bairro (1931-1960).

⁸ Optou-se por representar as médias climáticas das estações de Oliveira do Bairro e do Caramulo, para o período correspondido entre 1931-1960, uma vez que os dados mais recentes (propriedade do Instituto Português do Mar e da Atmosfera) apenas existem para as capitais de distrito, sendo que nenhuma destas integra a bacia hidrográfica do rio Águeda.

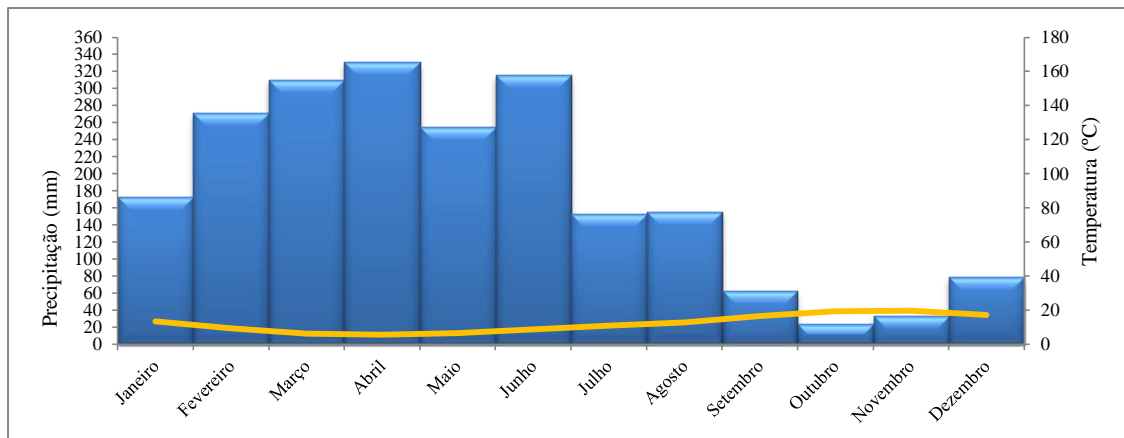


Fig. 6 – Gráfico termopluiométrico da estação do Caramulo (1931-1960).

Estas diferenças decorrem essencialmente da diferença de altitude, uma vez que em ambas as estações os meses mais chuvosos são aqueles em as temperaturas são mais baixas.

Segundo Gausson (citado por Lourenço, 1988) os meses secos são aqueles em que o valor da temperatura é superior a metade do valor da precipitação mensal. Assim, na estação meteorológica de Oliveira do Bairro, observa-se a existência de três meses secos (junho, julho e agosto), e de apenas dois (julho e agosto), na estação meteorológica do Caramulo.

Em Oliveira do Bairro, o mês mais chuvoso foi o de janeiro (131 mm), seguido de março (124 mm) e de dezembro (113 mm). Por outro lado, o mês menos chuvoso foi o de julho (12 mm), seguido de agosto (18 mm) e de junho (33 mm). No que respeita à temperatura, os meses mais quentes foram os de julho e agosto (ambos com temperatura média de 23,8°C), seguidos de junho (21,1°C). Em contrapartida, o mês mais frio foi o de janeiro (7,2°C), seguido de dezembro (7,7°C) e de fevereiro (8,6°C) (fig.5)

No Caramulo, janeiro foi o mês mais chuvoso (330,7 mm), seguido de dezembro (309,9 mm) e de março (316,2 mm). Por outro lado, o mês menos chuvoso foi o de julho (23,9 mm), seguido de Agosto (34,2 mm) e de Junho (63,3 mm). Relativamente à temperatura, observa-se que o mês mais quente foi o de agosto (19,8°C), seguido de julho (19,4°C) e de setembro (17,4°C). Em contrapartida, o mês mais frio foi o de janeiro (5,8°C), seguido de dezembro (6,5°C) e de fevereiro (6,7°C) (fig.6).

3.2.PRECIPITAÇÃO

A caracterização udométrica de uma bacia hidrográfica é bastante importante em estudos hidrológicos porque ajuda a caracterizar a quantidade de água disponível para escoamento (Paiva, 2005). Foi por este simples motivo que se resolveu fazer uma análise pormenorizada da distribuição espacial da precipitação na bacia hidrográfica do rio Águeda.

3.2.1. VARIABILIDADE INTERANUAL

Em primeiro lugar, importa dizer que o posto udométrico de Campia (concelho de Vouzela), se situa nas margens do rio Alfusqueiro, na Serra do Caramulo (a 448 metros de altitude), estando por isso sujeito à influência da altitude, estando na mesma situação do posto udográfico de Varzielas (735 metros de altitude). Em sentido oposto, os postos de Oliveira do Bairro e de Estrada encontram-se a cotas baixas (respetivamente, 65 e 45 metros de altitude). Em consequência da sua posição geográfica, os valores observados para as estações influenciadas pela altitude são, em todos os anos hidrológicos estudados, superiores aos verificados para Oliveira do Bairro e Estrada (fig.7) – ver anexo I e II.

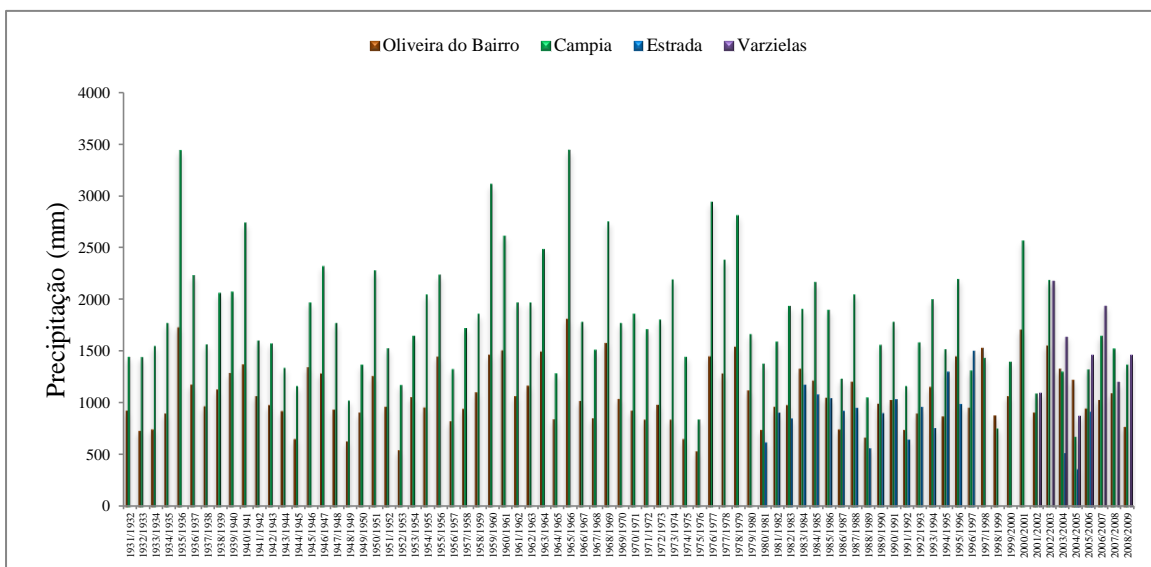


Fig. 7 – Precipitação anual nas estações meteorológicas de Oliveira do Bairro, Campia, Estrada e Varzielas.

De facto, durante o período estudado⁹, em média, choveram 1077,4 mm, em Oliveira do Bairro e 903,8 mm em Estrada. Nos postos influenciados pelo relevo, as

⁹ O período em análise decorre entre os anos hidrológicos de 1931-1932 e 2008-2009 para as estações de Campia e Oliveira do Bairro, entre 1980-1981 a 2008-2009, no caso de Estrada (com um interregno entre os anos de 1997-1998 e 2002-2003), e entre 1998-1999 e 2008-2009, no caso de Varzielas. Seria de esperar que

médias foram superiores, tendo atingido os 1802 mm, em Campia e os 1481,5 mm, nas Varzielas. No entanto, seria de esperar no que segundo posto as médias fossem mais elevadas, o que não se verificou, uma vez que a série de dados para Varzielas é de apenas 8 anos hidrológicos, sendo que a Organização Mundial de Meteorologia recomenda a utilização de pelo menos 30 anos para uma maior fiabilidade no que respeita a valores médios.

Em Oliveira do Bairro, o ano hidrológico mais chuvoso foi 1965-1966 (1810,2 mm), seguido dos anos de 1935-1936 (1732,6 mm), 2000-2001 (1709,8 mm), 1968-1969 (1581,6 mm) e 2002-2003 (1556,6 mm). Por outro lado, os anos hidrológicos mais secos registaram-se em 1975-1976 (536,4mm), 1952-1953 (546,8 mm), 1948-1949 (634 mm), 1944-1945 (653,9 mm) e 1974-1975 (654 mm).

Gozando de uma posição geográfica similar, no posto udométrico de Estrada, os anos mais chuvosos foram 1996-1997 (1505,1 mm), 1994-1995 (1304,1 mm) e 1983-1984 (1179,6 mm). Contrariamente, o ano mais seco terá sido 2003-2004 (519,7 mm), seguido de 1988-1989 (567,4 mm) e de 1980-1981 (625,8 mm). Esta estação apresenta assim valores próximos, mas relativamente mais baixos, em comparação a Oliveira do Bairro.

No posto udométrico de Campia, encontram-se os anos hidrológicos mais chuvosos em 1965-1966 (3443,6 mm), 1935-1936 (3440,8 mm), 1959-1960 (3114,4 mm), 1976-1977 (2941,7 mm) e 1978-1979 (2816 mm). Contrariamente, os anos hidrológicos mais secos foram: 2004-2005 (683,7 mm), 1998-1999 (757 mm), 1975-1976 (848,2 mm), 1948-1949 (1030,2 mm) e 1988-1989 (1059,4 mm).

No caso das Varzielas, o ano mais chuvoso foi 2002-2003, no qual a precipitação chegou a ser o dobro (2185 mm) do valor normal (1481,5 mm). Pelo contrário, o ano de 2004-2005 apresentou-se como o mais seco (870,6 mm).

No que concerne aos anos hidrológicos mais húmidos, podemos concluir que o ano com maior quantitativo anual de precipitação (1965-1966) coincide em Campia e Oliveira do Bairro, o que não acontece com os restantes, nem com os anos hidrológicos de menores quantitativos de precipitação. Isto significa que na bacia hidrográfica do rio Águeda há uma ampla distribuição anual da precipitação.

esta atingisse o ano hidrológico de 2010-2011, no entanto, a partir de 2008-2009 apenas a última estação mencionada se manteve em funcionamento.

3.2.2. VARIABILIDADE MENSAL

Os valores médios mensais serem muito mais elevados em Campia, relativamente a Oliveira do Bairro, o que provavelmente, se deverá aos maiores quantitativos anuais de precipitação no primeiro, em relação ao segundo (fig.8).

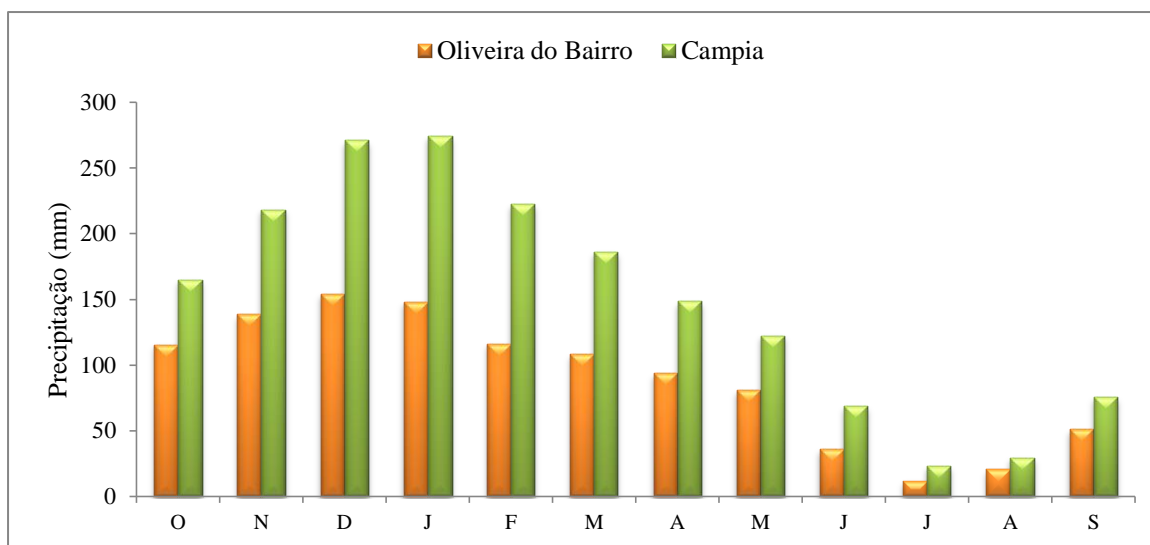


Fig. 8 – Precipitação mensal (entre 1931-1932 e 2008-2009) nas estações de Oliveira do Bairro e de Campia.

Além das médias mensais serem mais elevadas em Campia, observa-se também que são maiores nos meses de inverno, comparativamente aos meses de verão, tal como já seria de esperar pelas características climáticas da unidade morfológica em estudo e de Portugal Continental, como já tivemos oportunidade de conhecer.

Em Oliveira do Bairro, o mês mais chuvoso é dezembro (154,3 mm), seguido de janeiro (148,3 mm) e de novembro (138,8 mm). Os meses de menor quantidade mensal de precipitação são julho (12,1 mm), agosto (20,5 mm) e junho (36,3 mm).

Em Campia, os meses mais húmidos são janeiro e dezembro, que apresentam valores muito próximos (274,7 e 271,3 mm, respetivamente). O mês que apresenta o terceiro valor mais alto de precipitação média mensal é fevereiro (223,1 mm). Por outro lado, e à semelhança com o que se passa em Oliveira do Bairro, os meses com menores valores de precipitação são julho (23,3 mm), agosto (29,8 mm) e junho (69,1 mm).

3.2.3. PRECIPITAÇÃO DIÁRIA

3.2.3.1. NÚMERO DE DIAS COM PRECIPITAÇÃO

A análise estatística da precipitação na bacia hidrográfica do rio Águeda prosseguirá com a distribuição anual do número de dias com precipitação (fig.9).

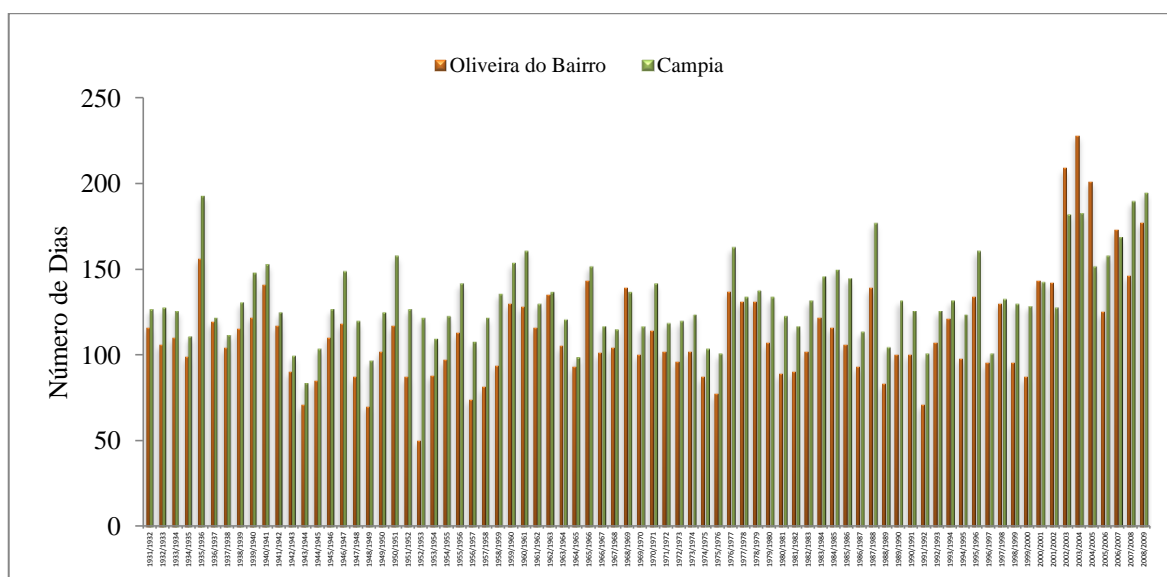


Fig. 9 – Número de dias de precipitação, entre 1931-1932 e 2008-2009, nas estações de Oliveira do Bairro e de Campia.

Em termos médios, para o período em análise, Oliveira do Bairro apresenta 113,3 dias com precipitação. Como já seria de esperar, devido aos maiores quantitativos anuais, Campia apresenta um valor superior (132,7 dias), o que significa que entre estes dois postos udométricos, em média, a diferença entre o número de dias do ano com precipitação é de 19,4 dias. De facto, para a quase totalidade do período em análise, verifica-se que em Campia, o número de dias com precipitação é sempre superior ao verificado em Oliveira do Bairro. A maior diferença entre as duas estações verificou-se no ano hidrológico de 1952-1953, uma vez que em Campia choveram mais 72 dias do que em Oliveira do Bairro.

Observa-se que há claramente uma relação entre as duas estações udométricas. Assim, em regra, as duas apresentam os valores mais baixos e mais altos nos mesmos anos que a outra.

Em Oliveira do Bairro, os anos que apresentam os maiores valores são 2003-2004 (228 dias), 2002-2003 (209 dias), 2004-2005 (201 dias), 2008-2009 (177 dias) e 2006-2007 (173 dias). O ano que apresentou o menor valor foi 1952-1953 (aquele que também foi o segundo ano menos chuvoso), com 50 dias, seguido de 1943-1944 (71 dias), 1991-1992 (71 dias) e 1948-1949 (70 dias).

Em Campia, nenhum ano hidrológico ultrapassou os 200 dias de precipitação, no entanto alguns rondaram esse valor. É o caso dos anos de 2008-2009 (195 dias), 1935-1936

(193 dias) e de 2007-2008 (190 dias). Os anos que apresentam, respetivamente, os quartos e quintos valores mais altos são 2003-2004 (183 dias) e 2002-2003 (182 dias). Assim, apercebemos que alguns, correspondem também aos anos hidrológicos que apresentam maiores no outro posto udométrico em análise. Ao contrário do que se passa em Oliveira do Bairro, onde são bastante comuns os anos hidrológicos com menos de 100 dias de precipitação por ano, em Campia essa situação não se verifica, uma vez que apenas são três nessa situação (1943-1944 com 84 dias; 1948-1949 com 97 dias; e 1964-1965 com 99 dias). Pode-se ainda dizer que estes não coincidem com os anos hidrológicos com menores quantitativos de precipitação, ou seja, com os anos hidrológicos mais secos.

No que concerne à distribuição mensal do número de dias com precipitação (fig.10) observa-se que os meses que apresentam maior número de dias com precipitação são também aqueles em que os quantitativos de precipitação são mais elevados. O mesmo se passa em sentido inverso, com a menor média mensal a aparecer nos meses que registam menores valores de precipitação.

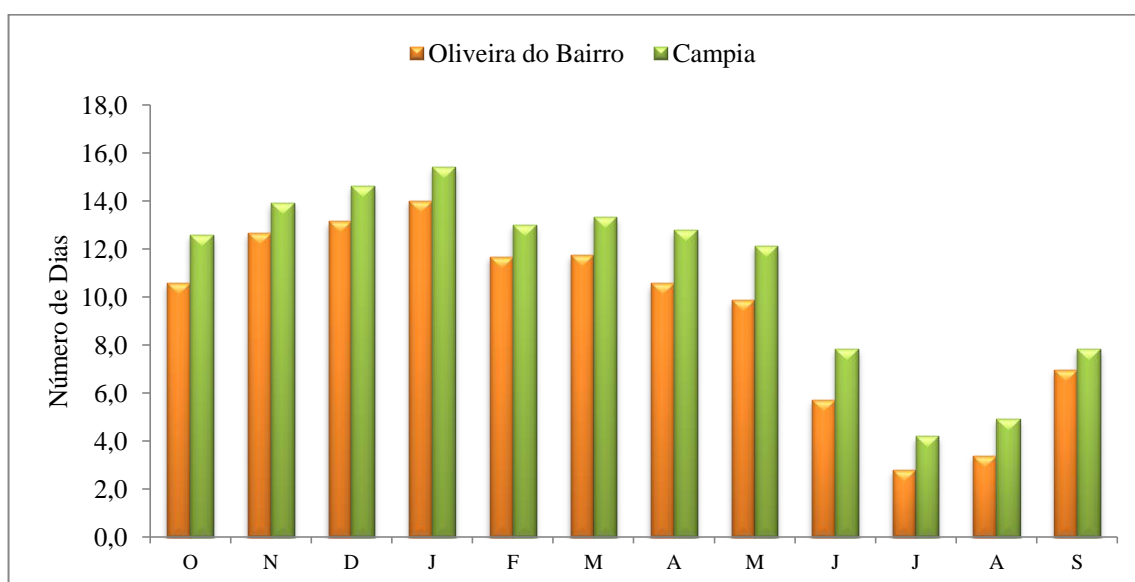


Fig. 10 – Distribuição mensal do número de dias de precipitação, entre 1931-1932 e 2008-2009, nas estações de Oliveira do Bairro e de Campia.

Em ambas as estações, o mês que apresenta maior média de número de dias com precipitação é janeiro (com 14 dias em Oliveira do Bairro e 15,4 dias em Campia), seguido de dezembro (com 13,2 dias em Oliveira do Bairro e 14,6 dias em Campia) e de novembro (com 12,7 dias em Oliveira do Bairro e 13,9 dias em Campia). Em sentido oposto, encontram-se os meses de julho (com 2,8 dias de precipitação em Oliveira do Bairro e 4,2 dias em Campia) e agosto (3,4 dias em Oliveira do Bairro e 4,9 dias em Campia).

Outra análise que poderá ser feita relativamente à precipitação diária caída sobre uma determinada bacia hidrográfica, diz respeito à diferenciação da mesma em categorias (dias com precipitação maior que 10 mm; dias com precipitação maior que 25 mm; e dias com precipitação maior que 50 mm). Com esta tarefa pode-se ficar a conhecer a intensidade das chuvadas, cujo conhecimento é “essencial para a determinação indireta dos caudais de ponta de cheia” (Brandão, 2001).

Segundo Frago (2004), em Portugal Continental, as precipitações intensas poderão ser desencadeadas por diferentes mecanismos da atmosfera, tais como: circulação depressionária das baixas camadas da atmosfera, condicionadas por núcleos de baixas pressões centradas na bacia atlântica ibero-marroquina (ou nas suas proximidades); presença de uma massa de ar quente e húmida nas baixas camadas da atmosfera; forte instabilidade convectiva (no período antecedente aos eventos torrenciais); presença de células depressionárias de bloqueio, isolando gotas de ar frio; existência de profundos talwegues na corrente de oeste; ação das correntes de jato (polar e subtropical); fenómenos de oclusão; e evolução ciclogénicas do tipo explosivo.

Para avaliar a intensidade das precipitações procedeu-se à categorização do número de dias com precipitação em três categorias (dias com precipitação maior que 10 mm, dias com precipitação maior que 25 mm e dias com precipitação maior que 50 mm) (figs. 11 e 12). A primeira categoria diz respeito ao número de dias com precipitação superior a 10 mm (fig.11).

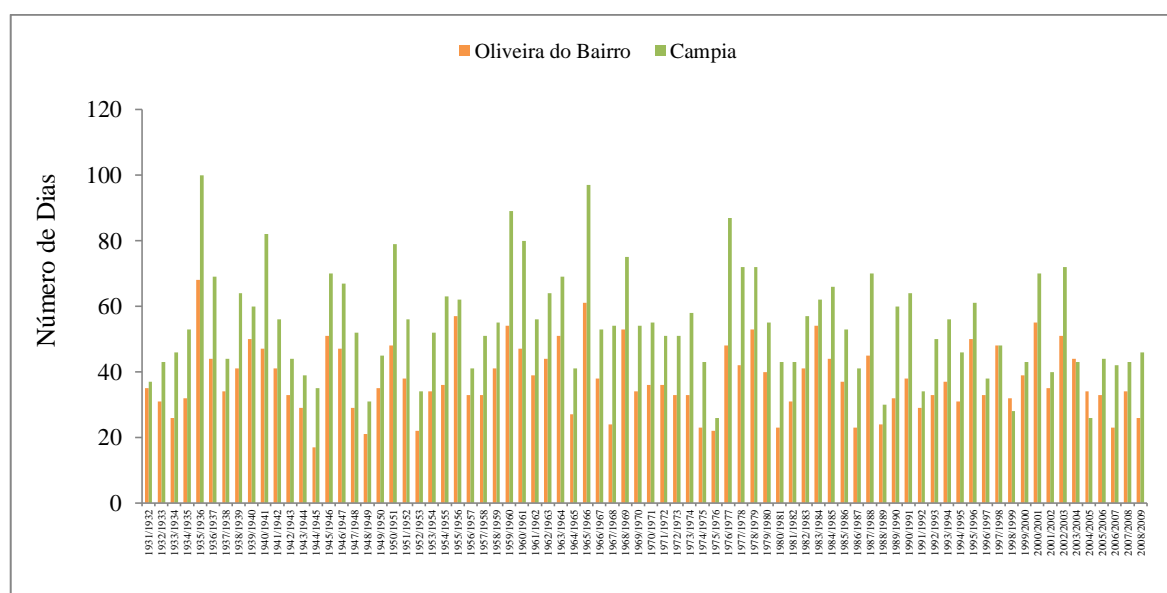


Fig. 11 – Número de dias com precipitação superior a 10 mm, entre 1931-1932 e 2008-2009, nas estações de Oliveira do Bairro e de Campia.

Mais uma vez, para Campia, os valores de precipitação em 24 horas, neste caso para o número de dias do ano em que a precipitação foi superior a 10 mm, são mais elevados do que em Oliveira do Bairro. Tal como acontece com os dados relativos ao número de dias do ano com precipitação, há uma tendência para a relação entre as duas estações. Assim, se em Oliveira do Bairro o valor sobe, em Campia também sobe. Se numa desce, na outra também desce.

Em média, em Oliveira do Bairro, durante o período estudado (1931-2009), um ano possuiu 37,8 dias em que a precipitação foi superior a 10 mm, o que corresponde a 34,5% dos dias com precipitação. Do mesmo modo, em Campia, um ano possuiu 54,5 dias com precipitação superior a 10 mm (41,3% do número de dias do ano com precipitação).

Em Oliveira do Bairro, os anos com maior número de dias com precipitação superior a 10 mm foram: 1935-1936, com 68 dias (43,3% dos dias com precipitação); 1965-1966, com 61 dias (42,7%); e 1955-1956 com 57 dias (50,4% dos dias com precipitação). Em contrapartida, os anos com menor número de dias com precipitação foram 1944-1945, com 17 dias (20% dos dias com precipitação); 1948-1949, com 21 dias (30% dos dias com precipitação); e 1952-1953 e 1975-1976, ambos com 22 dias.

Campia, tal como já vimos, destaca-se pelos elevados quantitativos de precipitação, mas também pelo elevado número de dias em que a precipitação foi superior a 10 mm. O ano hidrológico de 1935-1936 foi aquele que registou o maior valor (100 dias, que corresponde a cerca de 51,8% dos dias com precipitação), seguido do ano hidrológico de 1965-1966, com 97 dias (61,8 % dos dias com precipitação) e do ano de 1976-1977, com 87 dias (53,4% dos dias com precipitação). Do lado oposto, encontram-se os anos de 1975-1976 e 2004-2005, com 26 dias de precipitação superior a 10 mm (que corresponde, respetivamente, a 25,7% e 17,1% dos dias com precipitação) e o ano de 1998-1999, com 28 dias (21,5% dos dias com precipitação).

A segunda categoria contém o número de dias com precipitação superior a 25 mm, o que pressupõe, como é óbvio, uma maior intensidade. A fig.12 representa a sua variabilidade anual:

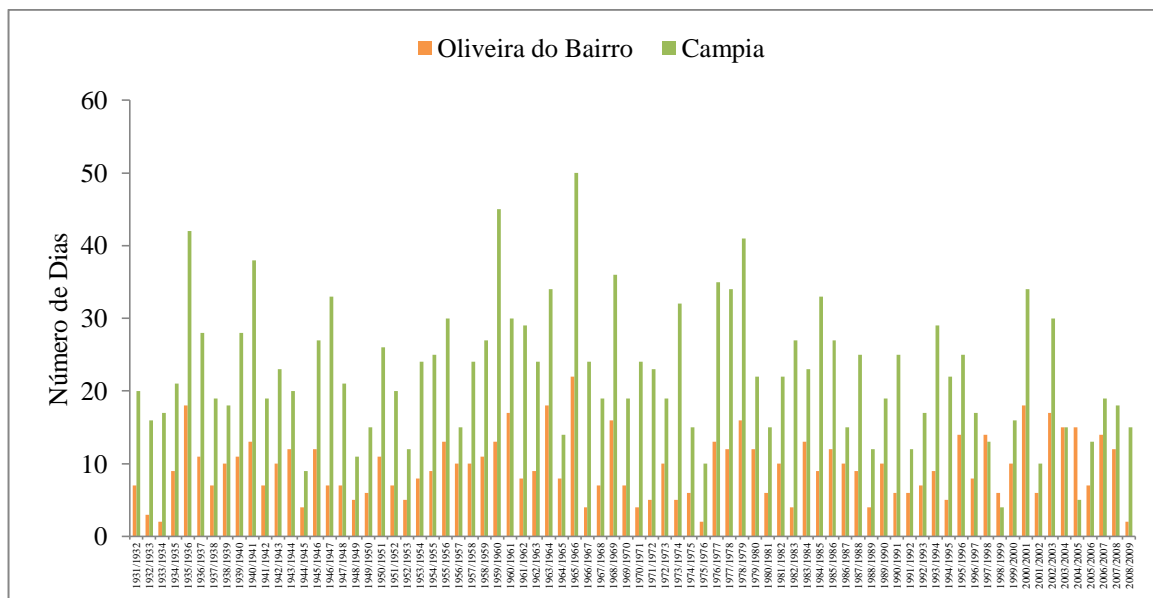


Fig. 12 – Dias com precipitação superior a 25 mm, entre 1931-1932 e 2008-2009, para as estações de Oliveira do Bairro e de Campia.

Anualmente, em média, para o período em análise, em Oliveira do Bairro, existiram 9,4 dias em que a precipitação foi superior a 25 mm, enquanto que em Campia, existiram 22,6 dias. Isto significa que em Oliveira do Bairro, a percentagem de dias com precipitação superior a este limiar é inferior relativamente a Campia (8,4% dos dias com precipitação, na primeira estação, e 17,1% na segunda).

Em ambos os postos udométricos, observamos que os anos hidrológicos que apresentam os maiores e os menores valores de precipitação diária superior a 10 mm são também aqueles que apresentam os maiores e menores valores de precipitação diária superior a 25 mm. Assim, para Oliveira do Bairro, os anos hidrológicos com maior número de dias de precipitação superior a 25 mm são 1965-1966, com 22 dias (15,4% do total de dias com precipitação) e 1935-1936, com 18 dias (correspondentes a 12,6% do total de dias com precipitação). Na mesma estação, o ano com menor número de dias com precipitação superior a 10 mm, foi também 1975-1976, com apenas 2 dias (2,6% do total de dias com precipitação). No caso de Campia, foram também os anos hidrológicos de 1965-1966 (50 dias, correspondentes a 31,8% do número de dias com precipitação), 1959-1960 (45 dias) e 1935-1936 (42 dias) que apresentam os maiores valores. Em contrapartida, foram os anos de 1998-1999 (4 dias) e de 2004-2005 (5 dias) que revelaram os menores valores.

A terceira categoria corresponde ao número de dias com precipitação superior a 50 mm (fig. 13).

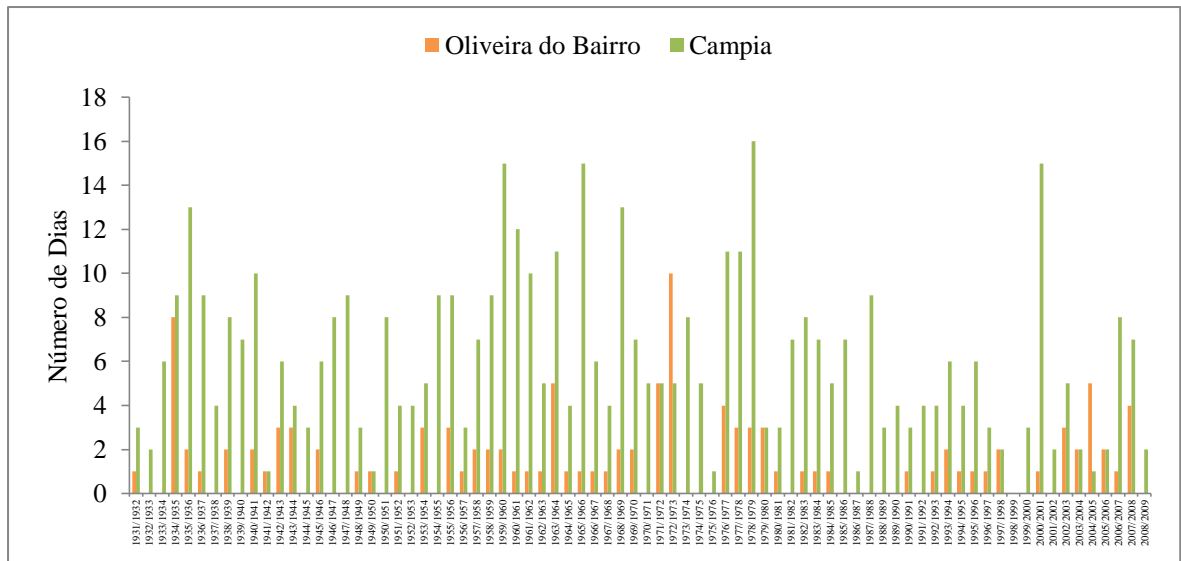


Fig. 13 – Número de dias com precipitação superior a 50 mm, entre 1931-1932 e 2008-2009, nas estações de Oliveira do Bairro e de Campia.

Em média, em Oliveira do Bairro, anualmente, existem 1,5 dias em que o número de dias de precipitação é superior a 50 mm, contra os 6,1 dias, em Campia. Na primeira, a maioria dos anos hidrológicos não tem dias com precipitação superior a 50 mm, verificando-se, por isso, valores muito reduzidos em relação à segunda (fig.13).

Em Oliveira do Bairro, os anos hidrológicos em que o número de dias com precipitação superior a 50 mm mais elevados foram 1972-1973 (com 10 dias) e 1934-1935 (com 8 dias). Em Campia foram os anos de 1978-1979 (com 16 dias) e de 1959-1960, 1965-1966 e 2000-2001 (os três com 15 dias) que apresentam os maiores valores.

3.2.3.1. PRECIPITAÇÃO MÁXIMA DIÁRIA

Outro dos parâmetros a avaliar relativamente à precipitação na bacia hidrográfica do rio Águeda é a precipitação máxima diária, que nos poderá também elucidar acerca da intensidade de determinados fenómenos pluviosos.

Ao observarmos a fig.14 e também como já era de esperar, os valores mais elevados de precipitação máxima diária encontram-se em Campia, onde o valor médio anual é de 98,7 mm, contra 58,3 mm, em Oliveira do Bairro. E como há exceções a todas as regras, os anos hidrológicos de 1948-1949 e de 1963-1964 foram os únicos em que a precipitação máxima diária foi mais elevada em Oliveira do Bairro do que em Campia.

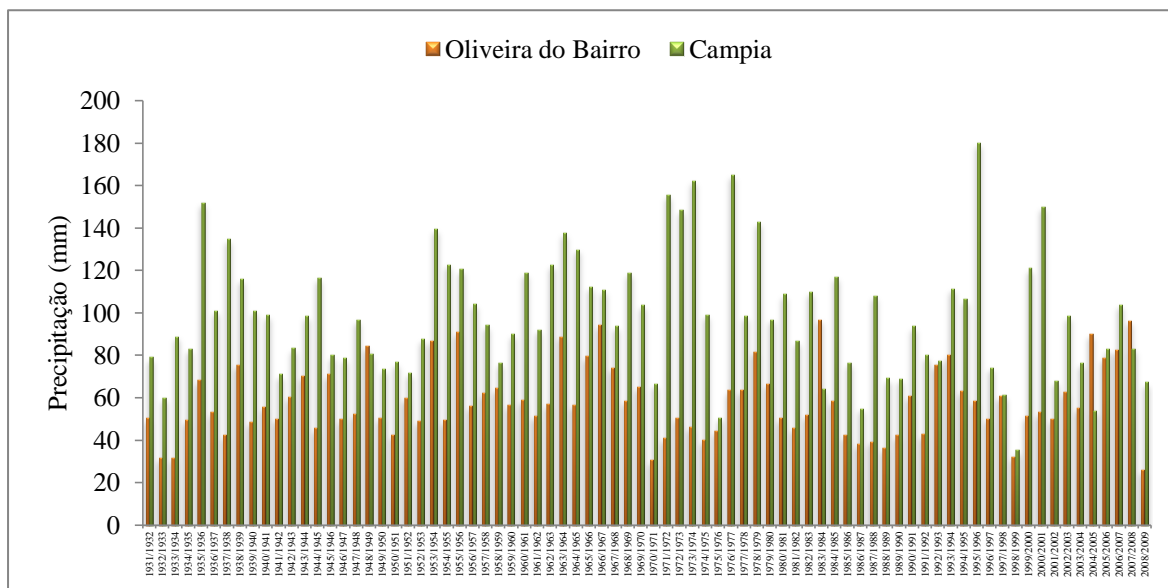


Fig. 14 – Precipitação máxima diária, entre 1931-1932 e 2008-2009, nas estações de Oliveira do Bairro e de Campia.

A primeira conclusão a tirar prende-se com o facto de em Campia ser bastante frequente existirem anos hidrológicos em que a precipitação máxima diária ultrapasse os 100 mm e tal nunca aconteceu em Oliveira do Bairro, uma vez que nos 77 anos estudados, o máximo registado nesta estação foi de 97 mm, no dia 22 de novembro de 1983. Pelo contrário, em Campia, existiram 33 anos hidrológicos em que este parâmetro foi superior a 100 mm. Nesta estação, o máximo valor de precipitação diária ocorreu no dia 25 de dezembro de 1995, em que choveram 180 mm.

Segundo Frago (2003), citado por Santos (2009), uma precipitação diária igual ou superior a 100 mm é atingida por condições atmosféricas muito particulares, “requerendo a presença de uma massa de ar com elevado teor de vapor de água e condições termodinâmicas que permitam o desenvolvimento da convecção profunda e a sua realimentação durante um certo período de tempo.” Estas têm ainda “uma maior probabilidade para o desencadeamento de situações de risco, como cheias repentinas ou movimentos de vertente”.

Relativamente a Campia, pode-se ainda afirmar que apenas o ano hidrológico de 1998-1999 destaca-se por ser o único em que a precipitação máxima anual desce até um valor inferior a 50 mm (35,3 mm).

No que concerne às datas de ocorrência, verifica-se que em apenas 13 anos hidrológicos estudados, estas coincidem. Na maioria dos casos, a data de maior ocorrência diária anual de precipitação ocorre um dia antes em Oliveira do Bairro, relativamente a Campia. Provavelmente, esta situação poderá ser explicada pela circulação atmosférica, deslocando-se os núcleos de precipitação de oeste para este.

3.2.4. DURAÇÃO DO PERÍODO PLUVIOSO MÁXIMO ANUAL¹⁰

Além de serem provocadas por precipitações intensas de curta duração, caracterizadas pela curta duração e pela grande intensidade, as cheias e consequentes inundações, podem ser também provocadas por chuvadas intensas com duração de alguns dias.

Com este ponto pretende-se conhecer a variabilidade interanual da duração máxima das chuvadas, em dias, mas também em milímetros (mm), isto é o valor acumulado desses dias de precipitação. A duração destes episódios chuvosos foi discernida, visualizando, através da precipitação diária de cada estação udométrica, a maior sequência anual de dias de precipitação (fig.15).

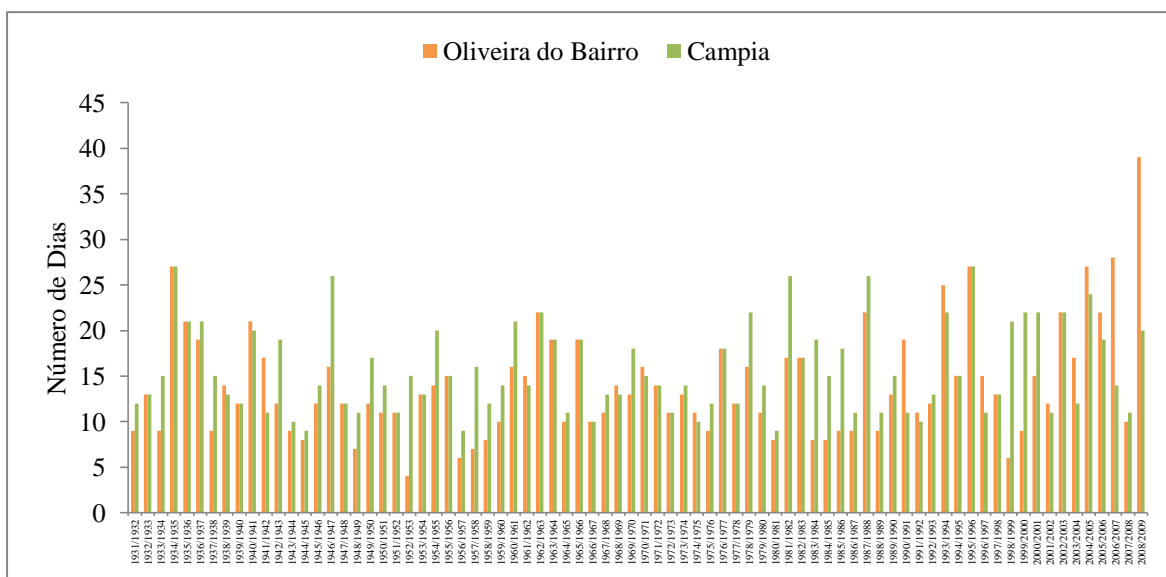


Fig. 15 – Duração do período pluvioso anual (em número de dias), entre 1931-1932 e 2008-2009, para as estações de Oliveira do Bairro e de Campia.

¹⁰ Verificando-se num mesmo ano hidrológico dois períodos pluviosos com igual número de dias, optou-se por representar aquele que apresentava maior valor acumulado de precipitação.

No que respeita à duração das chuvadas, conclui-se que em Oliveira do Bairro, estas duram menos do que em Campia, isto porque, para o período analisado, duraram, em média, 14,1 dias, para a primeira estação e 15,7, na segunda. No entanto, e, comparando com os parâmetros anteriormente descritos e analisados, observa-se que a diferença entre as duas estações udométricas, relativamente à duração máxima anual das chuvadas, não é tão nítida.

Mais uma vez, os valores mais elevados são registados em Campia, e só a partir do ano hidrológico de 2003-2004 (até 2008-2009) se verificou um claro aumento do número de dias do período pluvioso máximo anual em Oliveira do Bairro. Efetivamente, foi nos anos de 2006-2007 e 2008-2009 que se registaram os maiores valores neste posto udométrico, com 28 e 39 dias, respetivamente. Pelo contrário, são os anos hidrológicos de 1952-1953 (com apenas 4 dias) e os de 1956-1957 e de 1998-1999 (ambos com um máximo de 6 dias seguidos de precipitação) que se registam os valores mais baixos.

Em Campia, os anos que apresentaram maior duração anual máxima do período pluvioso foram 1934-1935 e 1995-1996. Ambos com 27 dias. Em contrapartida, apresentam-se os anos de 1944-1945, 1956-1957 e 1980-1981 (todos com 9 dias). É ainda relevante afirmar que nesta estação, estes três anos, durante o período analisado, foram os únicos que atingiram um recorde negativo inferior a 10 dias, o que não se verifica em Oliveira do Bairro, onde é bastante frequente ultrapassar-se este limiar.

A ocorrência de mais ou menos dias de precipitação seguidos não se relaciona, respetivamente, com os maiores ou com os menores quantitativos anuais de precipitação.

No entanto, se se atentar na fig.16 que expressa a precipitação acumulada, anualmente, durante os períodos chuvosos de maior duração, percebe-se que as diferenças entre as duas estações são avassaladoras. Isto significa que as em termos de duração, a precipitação é praticamente equivalente em Oliveira do Bairro e Campia, mas no que respeita à intensidade, esta é muito mais intensa na segunda do que na primeira. Em Campia, a média da precipitação acumulada durante estes episódios chuvosos é de 351 mm, enquanto que em Oliveira do Bairro é de 179,4 mm. Isto quer dizer que na primeira, a precipitação é 1,95 vezes mais intensa no primeiro posto, em comparação com o segundo.

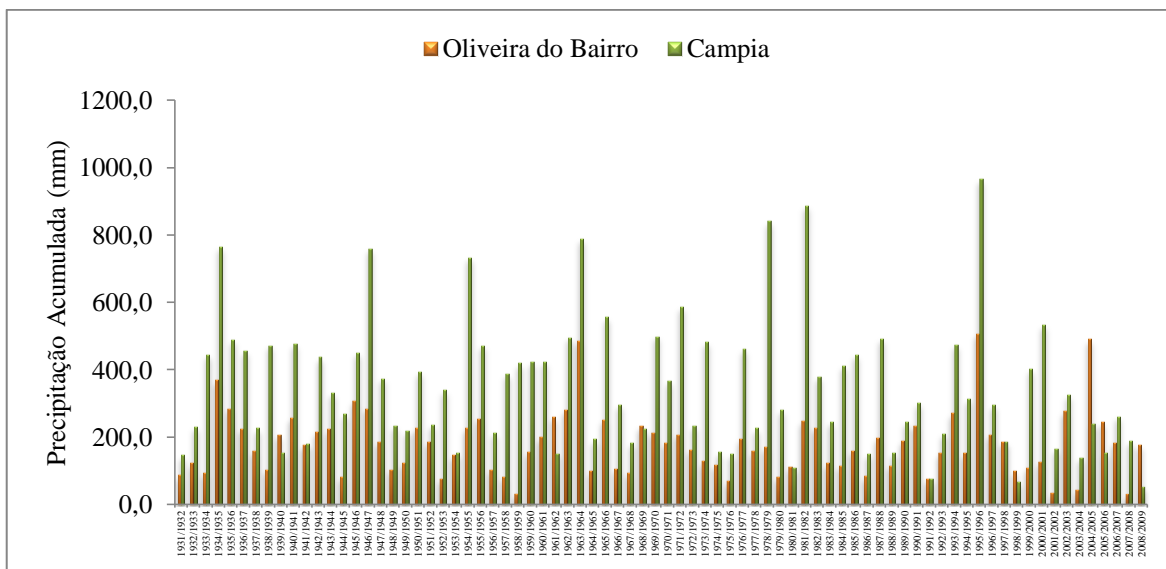


Fig. 16 – Precipitação acumulada durante os máximos períodos pluviosos anuais, entre 1931-1932 e 2008-2009, nas estações de Oliveira do Bairro e de Campia.

Com exceção dos anos hidrológicos de 2004-2005, 2005-2006 e 2008-2009, os quantitativos de precipitação acumulada durante o máximo anual de dias seguidos de precipitação, e tal como já se haveria afirmado, são mais elevados em Campia do que em Oliveira do Bairro.

Em Oliveira do Bairro, destacam-se, pelos recordes máximos, os anos de 1995-1996 (com 506,5 mm) e o de 2004-2005 (com 490,8 mm). No que respeita aos valores mínimos, encontram-se os anos hidrológicos de 2007-2008 (com 30,1 mm) e o de 1958-1959 (com 32,6 mm).

Em Campia, o ano hidrológico que apresentou maior quantidade de precipitação anual (966,5 mm) foi 1995-1996, ou seja, o mesmo que também apresentou o maior número de dias seguidos com precipitação. Ou seja, em apenas 27 dias choveu 44% daquilo que choveu nesse ano (2199,3 mm). O segundo ano a apresentar maiores valores foi 1981-1982 (888,1 mm), no qual em 26 dias choveu 56% do total anual (1597,4 mm). Do lado oposto da fasquia, destacam-se os anos hidrológicos de 2008-2009, com 52,3 mm, e o de 1998-1999, com 68,3 mm. Este último foi o segundo mais seco desde que há registo nesta estação. Além disso, estes foram os únicos anos em que a precipitação acumulada durante os maiores episódios anuais foi inferior a 100 mm.

4. HIDROGRAFIA E HIDROLOGIA

Uma vez que o objetivo fundamental deste trabalho está ligado ao risco de inundação, optou-se por apresentar uma análise morfométrica sucinta da bacia hidrográfica do rio Águeda, no que concerne à propensão desta para cheias. No entanto, tal como advoga Girão (1922), o “Cértima é muitas vezes considerado como uma bacia independente do Águeda e, junta-se com ele depois de passar a Pateira de Fermentelos, que deve considerar-se como resto de um antigo esteiro ou zona marinha avançando para o interior, onde o Vouga primitivamente lançava as suas águas”. Por esta razão, além de calcular os índices morfométricos da totalidade da bacia hidrográfica, optou-se por calcular a morfometria para as duas sub-bacias que a compõem, isto é, para a sub-bacia hidrográfica do rio Cértima e a sub-bacia hidrográfica do rio Águeda.

Em primeiro lugar, e através do *software* informático ArcGIS 10.1, procedeu-se à avaliação de três parâmetros das bacias hidrográficas: área, perímetro e comprimento máximo (quadro I), para de seguida avaliar a morfometria da bacia hidrográfica do rio Águeda.

Quadro I – Parâmetros para a aferição de algumas características morfométricas da bacia hidrográfica do rio Águeda.

	Sub-bacia do Cértima	Sub-bacia do Águeda	Total
Área (Km ²)	541,8	430,1	971,9
Perímetro (Km)	115,5	118,5	176,4
Comprimento Máximo (Km)	32,9	34,6	34,6

Quadro II- Morfometria da bacia hidrográfica do rio Águeda.

	Sub-bacia do Cértima	Sub-bacia do Águeda	Bacia Hidrográfica do Rio Águeda
Coefficiente de Compacidade (Kc)	1,39	1,60	1,58
Índice de Circularidade (Ic)	0,51	0,38	0,39
Alongamento da Bacia (Ia)	0,80	0,68	1,02
Fator de Forma (Kf)	0,50	0,36	0,81
Índice de Forma (S)	2,00	2,78	1,23
Relação entre Comprimento e Área	1,41	1,67	1,11
Índice de Homogeneidade	0,84	0,60	1,37
Índice Lemniscato	0,50	0,70	0,31

Mas, uma vez que “aos hidrólogos interessa mais a forma das bacias do que a sua extensão”, foram determinados índices de quantificações de formas das mesmas e que as

“relacionam com formas geométricas conhecidas” (Lourenço, 1988). Os índices morfométricos calculados, uma vez que são os mais comuns, foram: Coeficiente de Compacidade, Índice de Circularidade, Alongamento da Bacia, Fator de Forma, Índice de Forma, Relação entre Comprimento e Largura, Índice de Homogeneidade e Índice Lemniscato.

O Coeficiente de Compacidade (Kc)¹¹, também denominado de Índice de Gravelius, compara a forma da bacia com um círculo, sendo o seu valor mínimo igual à unidade, o que corresponde a uma bacia circular. Esta circularidade de uma bacia hidrográfica será então propícia à ocorrência de grandes cheias, uma vez que essa tendência “será tanto mais acentuada quanto mais próximo da unidade for o valor deste coeficiente” (Lencastre e Franco, 1984). Assim, conclui-se que nas três bacias hidrográficas analisados, Kc se afasta da unidade (1,39 no caso da sub-bacia do Cértima; 1,60 na sub-bacia do Águeda; e 1,58 na bacia hidrográfica do rio Águeda), o que provavelmente indicará uma não propensão a grandes cheias, porque as bacias não são circulares, o que “implica uma concentração das águas mais lentas, na foz, durante uma cheia” (Lourenço, 1988).

O Índice de Circularidade (Ic)¹² também compara a forma da bacia com um círculo, no entanto, para este, ao contrário do que acontece com o Coeficiente de Compacidade, o valor máximo é igual à unidade, o que corresponderá a bacias perfeitamente circulares. Os valores a que chegamos no cálculo deste índice afastam-se claramente da unidade (atingindo um Ic de 0,38 na sub-bacia do Águeda e de 0,39 na totalidade da bacia hidrográfica), sendo mais uma vez na sub-bacia do Cértima que se regista o valor mais próximo (0,51).

O índice de Alongamento da Bacia (Ia)¹³ é outro índice em que o círculo é a figura geométrica de referência. Neste índice o valor máximo é também igual à unidade e “será tanto mais próximo do zero quanto mais alongada for a bacia”. Ficamos então a saber que a bacia hidrográfica do rio Águeda é perfeitamente alongada, uma vez que Ia é igual a

$$^{11} Kc = 0,28 \frac{\text{Perímetro da Bacia (Km)}}{\sqrt{\text{Área}}}$$

$$^{12} Ic = \frac{4 \pi \text{Área (Km}^2\text{)}}{\text{Perímetro}^2 \text{ (Km)}}$$

$$^{13} Ia = \frac{2 \sqrt{\frac{\text{Área (Km}^2\text{)}}{\pi}}}{\text{Comprimento Máximo da Bacia (Km)}}$$

1. No entanto, as sub-bacias do Cértima e do Águeda, com respetivamente, 0,80 e 0,68, também se aproximam de um alongamento.

No Fator de Forma (Kf)¹⁴ a figura geométrica de comparação é o retângulo. O valor máximo possível de obter “é igual à unidade e será tanto menor quanto mais alongada for a bacia” (Lourenço, 1988). Segundo Lencastre e Franco (1984) “uma bacia com um fator de forma baixo encontra-se menos sujeita a cheias”. No que respeita a Kf, apenas a bacia hidrográfica do rio Águeda apresenta um valor próximo da unidade (0,81), sendo por isso mais alongada, mais retangular, e por isso, mais propensa a cheias. As sub-bacias do Cértima e do Águeda apresentam valores relativamente baixos (com Kf igual a 0,50, no primeiro caso, e Kf igual a 0,36, no segundo).

O Índice de Forma (S)¹⁵ “será tanto maior quanto mais alongada for a bacia” em estudo e facilita a comparação com outras, uma vez que os resultados obtidos podem ir desde a unidade até às dezenas (Lourenço, 1988). No nosso caso de estudo, os valores de S são relativamente baixos (2,00 para a sub-bacia do Cértima; 2,78 para a sub-bacia do Águeda; e 1,23 para a bacia hidrográfica do rio Águeda), o que mostra, no entanto um certo alongamento das bacias hidrográficas.

A Relação entre o Comprimento e a Área da bacia (Ico)¹⁶ descreve interpreta ao mesmo tempo a forma das bacias (um índice de Ico mais ou menos igual à unidade significa que a bacia em análise é semelhante a um quadrado; um Ico menor que a unidade significa que a bacia é alargada; e um Ico maior que a unidade quer dizer que estamos perante uma bacia alongada (Lourenço, 1988). No caso, em análise, observa-se que os três resultados obtidos são superiores à unidade (1,41 para a sub-bacia do Cértima, 1,67 para a sub-bacia do Águeda e 1,11 na bacia hidrográfica do rio Águeda), o que quer dizer as três são alongadas.

No entanto, existem duas outras fórmulas em que a comparação é feita com uma pera, uma vez a drenagem assemelha-se mais com essa forma – Índice de Homogeneidade e Índice Lemniscato (Lourenço, 1988).

$$^{14} Kf = \frac{\text{Área da Bacia (Km}^2\text{)}}{\text{Comprimento da Bacia (Km)}}$$

$$^{15} S = \frac{\text{Comprimento da Bacia (Km)}}{\text{Área da Bacia (Km}^2\text{)}}$$

$$^{16} ICo = \frac{\text{Comprimento da Bacia (Km)}}{\sqrt{\text{Área da Bacia (Km}^2\text{)}}}$$

O Índice de Homogeneidade (Ih)¹⁷ compara a forma da bacia com um óvulo, cuja característica é marcada com valores iguais à unidade. À medida que os resultados tendem para zero, a bacia afasta-se dessa forma, tornando-se mais irregular. Assim, a sub-bacia do Cértima e a bacia hidrográfica do rio Águeda apresentam valores que as aproximam de uma forma ovoide, com 0,84 e 1,37, respetivamente.

O Índice Lemniscato (Kl)¹⁸ compara a forma da bacia a um 8, o que será representado por resultados que rondem a unidade. No caso deste índice, os cálculos deram como resultado valores inferiores a um (0,50 para a sub-bacia do Cértima; 0,7 para a sub-bacia do Águeda; e 0,31 para a bacia hidrográfica do rio Águeda) o que significa que são irregulares.

A comparação entre bacias hidrográficas não é nada fácil (Lourenço, 1988) e verificou-se isso mesmo quando tentamos comparar estas três bacias hidrográficas através de diversos índices morfométricos. No entanto, fica uma conclusão bastante importante para este trabalho. No que respeita à forma, nem as sub-bacias do Cértima e do Águeda, nem tão pouco a bacia hidrográfica do rio Águeda, são propensas a cheias.

5. OCUPAÇÃO E USO DO SOLO

O estudo do uso do solo em determinada bacia hidrográfica é bastante importante, uma vez que influencia os picos de cheia (Paiva, 2005).

A nomenclatura do *Corine Land Cover* subdivide-se em cinco categorias principais: territórios artificializados, áreas agrícolas e agroflorestais, florestas e meios, zonas húmidas e corpos de água. A análise da área em estudo será feita seguindo esta categorização, de modo a tornar-se mais simples e objetiva.

Os territórios artificializados, ou seja, aqueles cuja presença pode ser determinante para o aumento do risco de inundação, representam apenas cerca de 4,7% da área da bacia hidrográfica do rio Águeda, concentrando-se, essencialmente, ao longo da sub-bacia do rio Cértima e no rio Águeda, a jusante da cidade com o mesmo nome. Estes são compostos não só por tecido urbano (descontínuo), que concentra a maior fatia destes territórios (3,2%), mas também por indústrias, comércio e equipamentos gerais (redes viárias e

¹⁷
$$Ih = \frac{\text{Área da Bacia (Km}^2\text{)}}{3,985 \left(\frac{\text{Maior comprimento da Bacia (Km)}}{2,59} \right)^2}$$

¹⁸
$$Kl = \frac{\text{Comprimento da Bacia}^2 \text{ (Km)}}{\text{Área da Bacia (Km}^2\text{)}}$$

ferroviárias e espaços associados, áreas de extração de inertes e equipamentos desportivos, culturais e de lazer e zonas históricas).

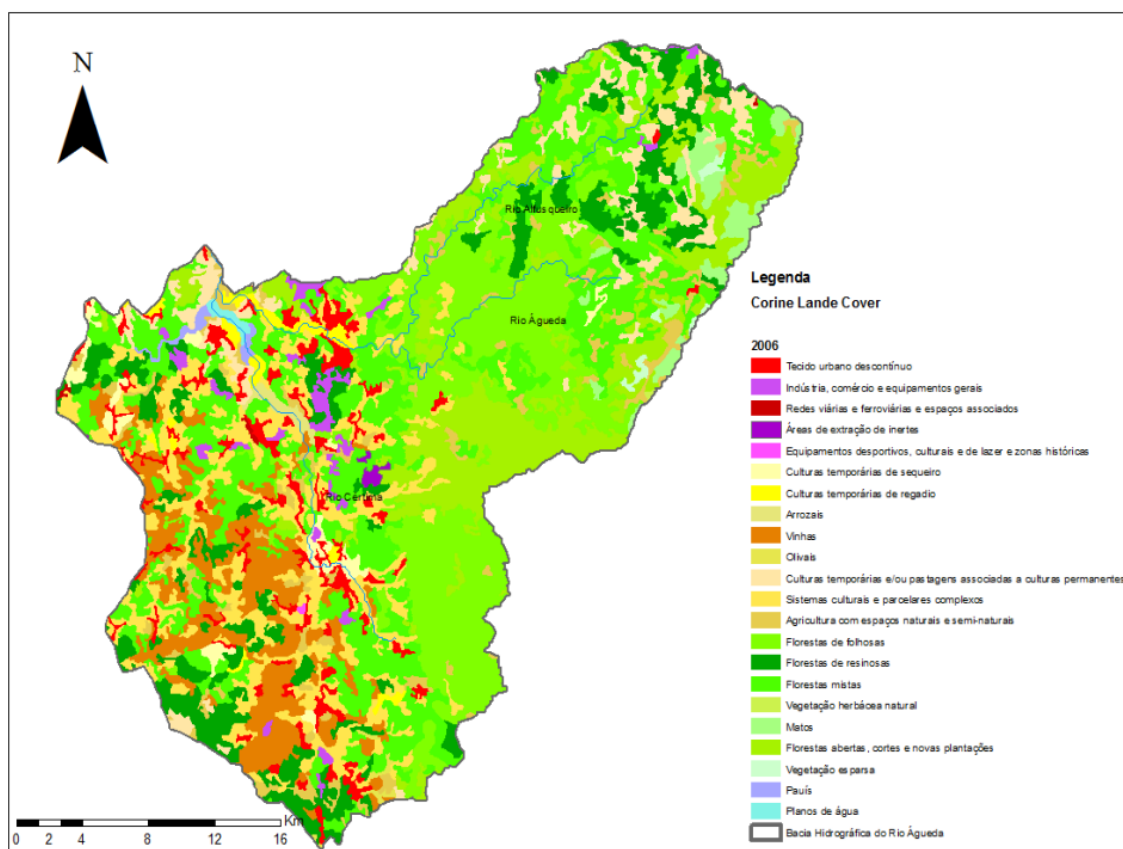


Fig. 17 – Ocupação e uso do solo da bacia hidrográfica do rio Águeda.

(fonte: *Corine Land Cover* 2006)

Áreas agrícolas e agrofloretais, representam 25,1% do uso do solo. São essencialmente compostas por sistemas culturais e parcelares complexos (8,5%) e vinhas (5,9%). Outros dos compostos desta categoria, no caso da bacia hidrográfica em estudo são culturas temporárias de sequeiro, culturas temporárias de regadio, arrozais, olivais, culturas temporárias e/ou pastagens associadas a culturas permanentes e agriculturas com espaços naturais e seminaturais. Em termos de localização geográfica, também é essencialmente na sub-bacia do rio Cértima que encontramos estas características da paisagem.

Sem dúvida, são as florestas que ocupam a maior fatia do uso do solo da bacia hidrográfica do rio Águeda (69,8% da sua área), sobretudo as florestas mistas (20,7% da área da bacia) e as florestas de folhosas (20,1%). Uma vez que as duas categorias anteriores se encontram mais localizadas na sub-bacia do rio Cértima, as florestas localizam-se sobretudo na sub-bacia do rio Águeda. A presença de vegetação em grande

quantidade contribui para a redução do risco de inundação, uma vez que favorece a infiltração, ao eliminar o contato direto das gotas de chuva com o solo, e também porque reduz a velocidade do escoamento superficial (Lencastre; Franco, 1984).

As quartas e quintas categorias, zonas húmidas e corpos de água, respetivamente, são pouco representativos da área da bacia. Encontramos as zonas húmidas (0,23% da área) na adjacência da Pateira de Fermentelos, área esta que corresponde ao único plano de água da bacia hidrográfica do Rio Águeda (0,14% da bacia).

Mais uma vez observa-se a clara diferença entre as sub-bacias do Cértima e do Águeda, em que na primeira se encontra os usos do solo mais ligados à agricultura e às atividades agroflorestais, e na segunda se encontram os que estão mais ligados à floresta. Teoricamente, e devido à concentração do tecido urbano e da menor presença de vegetação, o risco de inundação poderá ser maior na sub-bacia do rio Cértima.

**Parte 2 – A Dinâmica Hidrológica na Bacia
Hidrográfica do rio Águeda - a montante da
confluência com o Cértima**

1. ESCOAMENTO

A água proveniente da precipitação, ao cair, passa a ser diretamente influenciada pelas características físicas de uma bacia hidrográfica, podendo dar origem à infiltração ou ao escoamento direto (nas vertentes) ou a ambas as situações. A parte da precipitação que se infiltra circulará no solo (percolação), podendo circular no substrato rochoso e posteriormente poderá voltar à superfície – escoamento de base. Por sua vez, o escoamento direto (nas vertentes) dá origem ao escoamento superficial. No entanto também poderá circular no substrato rochoso – escoamento de base. A conjugação do escoamento superficial com o escoamento de base dará origem ao escoamento fluvial, isto é, a totalidade de água drenada por uma bacia hidrográfica (Lencastre e Franco, 1984).

É esta característica do regime fluvial do rio Águeda que analisaremos em primeiro lugar, quer no que respeita à sua distribuição anual, quer no que respeita à sua distribuição mensal (fig.18).

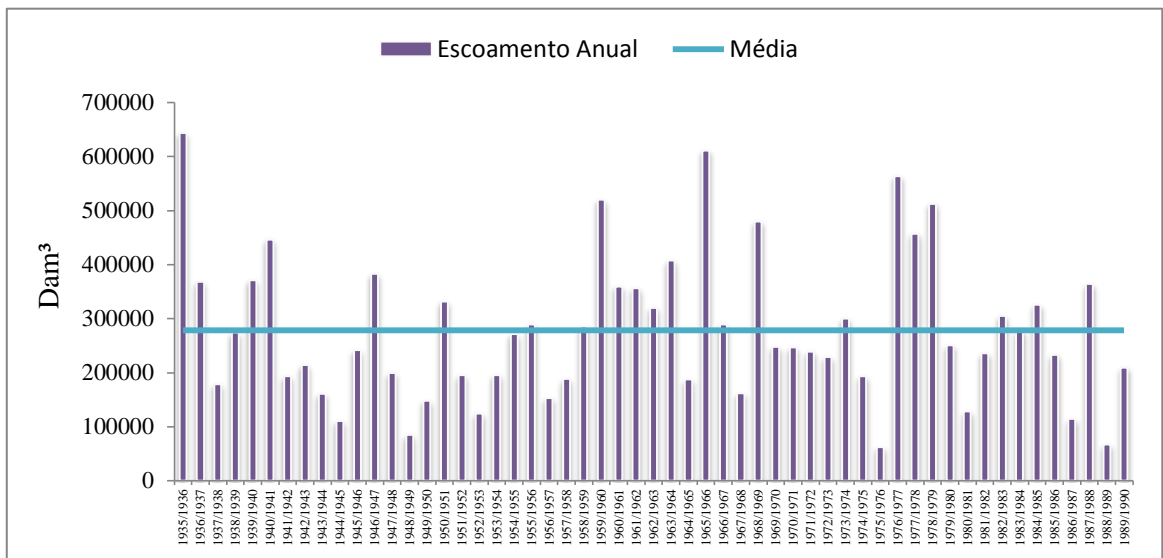


Fig. 18 – Variabilidade anual do escoamento anual, entre 1935-1936 e 1989-1990, na estação hidrométrica de Ponte de Águeda.

No que toca ao escoamento anual, a Ponte de Águeda apresenta um caráter irregular, bastante típico dos rios de ambientes mediterrâneos (Pardé, 1968), com uma média de 278 712 dam³. Como seria de prever, uma vez que o regime fluvial depende exclusivamente da precipitação, os anos hidrológicos em que houve maior quantidade de escoamento foram também aqueles em que se registaram os maiores quantitativos de precipitação, e, do mesmo modo, os anos com menores quantitativos de escoamento, corresponderam também aos anos com menores quantitativos de precipitação.

Os anos hidrológicos com valores mais elevados foram (por ordem decrescente): 1935-1936 (642 895 dam³), 1965-1966 (611 019 dam³), 1976-1977 (563 387 dam³), 1959-1960 (519 668 dam³) e 1978-1979 (512 335 dam³). Assim, observa-se uma clara relação com a fig.7, uma vez que foram nestes mesmos anos que se registaram os maiores quantitativos anuais de precipitação. Essa conexão é também evidente no que respeita aos anos com menores quantidades anuais de escoamento, isto porque os que registaram valores mínimos foram (por ordem crescente): 1975-1976 (61 071 dam³), 1988-1989 (66 682 dam³), 1948-1949 (84 543 dam³), 1944-1945 (110 803 dam³) e 1986-1987 (114 093 dam³).

Em termos mensais (fig.19), o escoamento é maior nos meses com maiores disponibilidades hídricas e maiores valores de precipitação, sendo menor nos meses em que menos chove.

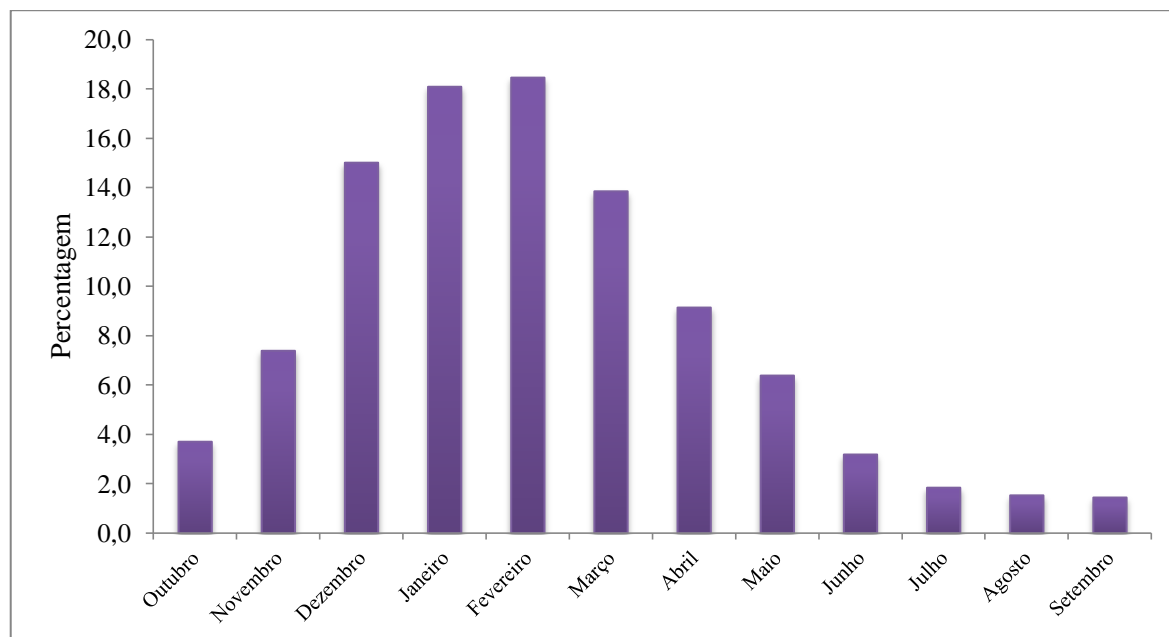


Fig. 19 – Variabilidade do escoamento mensal, entre 1935-1936 e 1989-1990, na estação hidrométrica de Ponte de Águeda.

Os meses do ano hidrológico com maior percentagem de escoamento foram janeiro e fevereiro, com valores muito similares (18,1% e 18,5% do total anual, respetivamente), seguidos pelo mês de dezembro (15%). Em contrapartida, foi na estação seca que se registaram os menores valores (julho, com 1,8%; agosto, com 1,5% e setembro, com 1,4%).

2. ALTURAS HIDROMÉTRICAS CARACTERÍSTICAS

A estação hidrométrica (convencional) denominada Ponte de Águeda entrou em funcionamento em 1 de setembro de 1934. Desde essa data, e até setembro de 1990, foram sendo efetuados registos diários, a partir dos quais foi possível calcular, a altura hidrométrica média diária e o escoamento mensal. São esses dados que analisaremos em seguida.

2.1. MÉDIA ANUAL

A variação interanual do nível médio diário da altura hidrométrica, na Ponte de Águeda, apresenta uma amplitude de cerca de 1,50 metros (fig. 20).

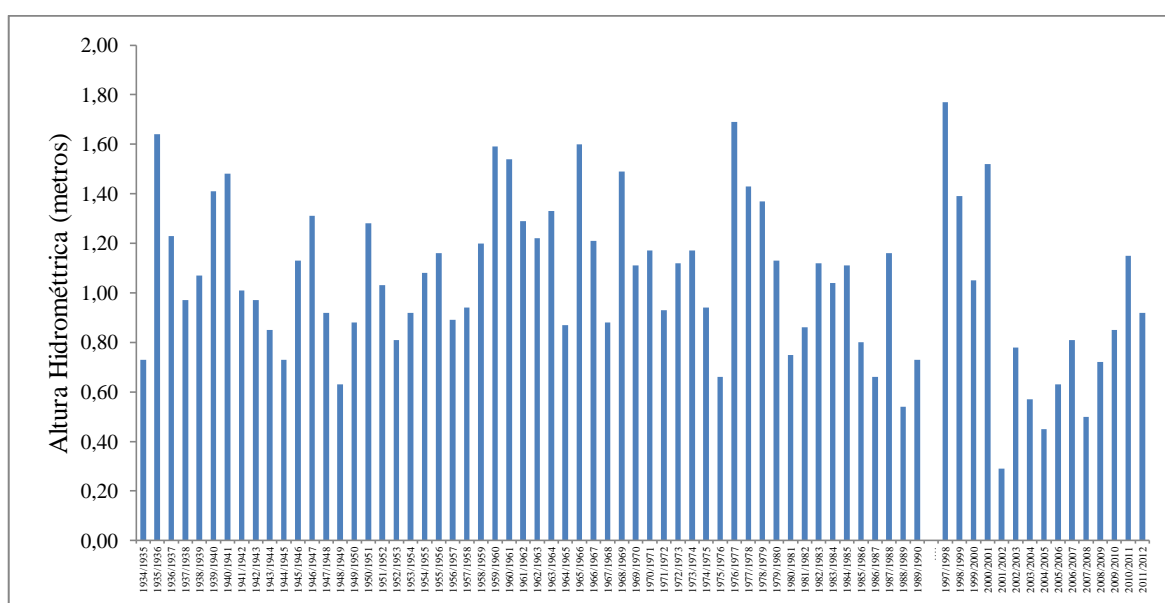


Fig. 20 – Variabilidade da altura hidrométrica média anual, entre 1934-1935 e 2011-2012, na estação hidrométrica da Ponte de Águeda.

Mais uma vez, observa-se claramente, a relação entre os anos hidrológicos de maior abundância de precipitação e de escoamento com aqueles que apresentam com maiores valores médios do nível hidrométrico.

Para o período em estudo (entre 1934-1935 e 2011-2012) a média anual foi de 1,04 metros. O ano de 1997-1998 (com 1,77 metros) foi aquele que apresentou a maior altura média anual, seguido dos anos de 1976-1977 (1,69 metros) e 1935-1936 (1,64 metros). O ano de 2001-2002 registou a menor altura média anual (0,29 metros). Outros anos hidrológicos que memorizaram um baixo nível hidrométrico médio foram os de 2004-2005 (0,45 metros), 2007-2008 (0,50 metros) e de 1988-1989 (0,54 metros).

2.2. EXTREMOS ANUAIS

Conhecer os extremos hidrológicos do rio Águeda faz parte da essência deste trabalho, sobretudo os máximos, para assim poder caracterizar as cheias. No entanto, como medida de comparação, e também para uma melhor análise dos dados, decidimos também introduzir os mínimos (fig.21). Como valor máximo entende-se o máximo valor médio diário registado num determinado ano hidrológico, e como mínimo o oposto, isto é, o valor mais baixo registado nesse mesmo ano.

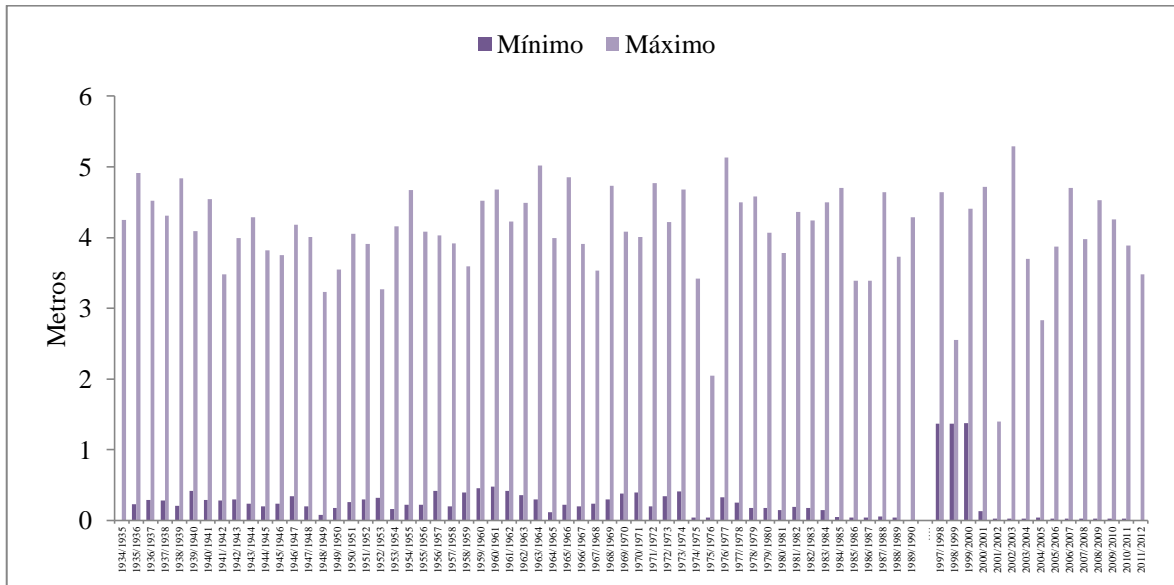


Fig. 21 – Nível hidrométrico mínimo e máximo anual, entre 1934-1935 e 2011-2012, na Ponte de Águeda.

Existe uma certa regularidade no que respeita aos extremos do rio Águeda. Os mínimos, com exceção dos três primeiros anos de funcionamento da estação hidrométrica automática (por possuírem séries anuais incompletas), isto é, 1997-1998 (1,37 metros), 1998-1999 (1,37 metros) e 1999-2000 (1,38 metros), nunca ultrapassam 0,5 metros. E existiram três anos hidrológicos (1934-1935, 1989-1990 e 2011-2012) em que a altura hidrométrica mínima foi igual a zero.

Os máximos, salvo algumas exceções, ultrapassaram sempre 4 metros de altura, sendo a média do período estudado de 4,14 metros. Duas dessas exceções são os anos hidrológicos de 1975-1976 e de 1998-1999, que como já tivemos oportunidade de analisar foram bastante secos. No primeiro, a altura hidrométrica média anual foi de 2,05 metros e no segundo foi de 2,55 metros. Nos anos hidrológicos de 1963-1964, de 1976-1977 e 2002-2003, este parâmetro subiu mesmo acima de 5 metros (5,02 metros, 5,13 metros e 5,29 metros, respetivamente).

Os máximos podem ser melhor representados através de outro parâmetro da estação hidrométrica da Ponte de Águeda – o nível hidrométrico instantâneo máximo anual¹⁹ (fig.22).

Salvo raras exceções, em todos os anos hidrológicos os valores observados foram superiores a 4 metros. Essas exceções registaram-se nos anos mais secos (1941-1942 e 1967-1969, com 3,98 metros; 1974-1975, com 3,78 metros; 1986-1987, com 3,81; 1998-1999, com 3,41 metros).

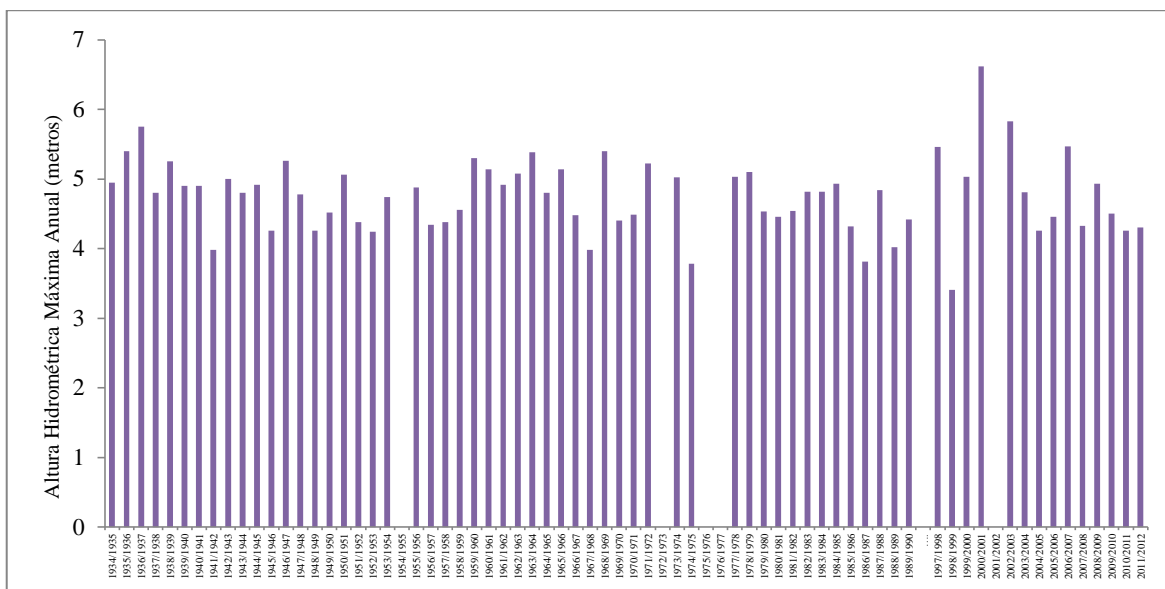


Fig. 22 – Nível hidrométrico instantâneo máximo anual, entre 1934-1935 e 2011-2012, na Ponte de Águeda.

É de destacar o ano hidrológico de 2000-2001, em que o nível hidrométrico instantâneo máximo anual foi de 6,62 metros (no dia 26 de janeiro de 2001), ou seja, o valor máximo registado, durante o período de amostragem. Foi precisamente com esta altura da água que a estação hidrométrica foi arrastada pelas águas do rio Águeda, o que quer dizer que, muito provavelmente, poderá ter-se atingido um valor bastante mais elevado (Guedes, 2006).

2.3. MÉDIA MENSAL

A média mensal das alturas hidrométricas permite-nos detalhar o regime do rio Águeda, não só durante os meses do ano, mas também durante as estações do ano (fig.23).

¹⁹ Não foi registado nos anos hidrológicos de 1954-1955, 1972-1973, 1975-1976, 1976-1977 e 2001-2002.

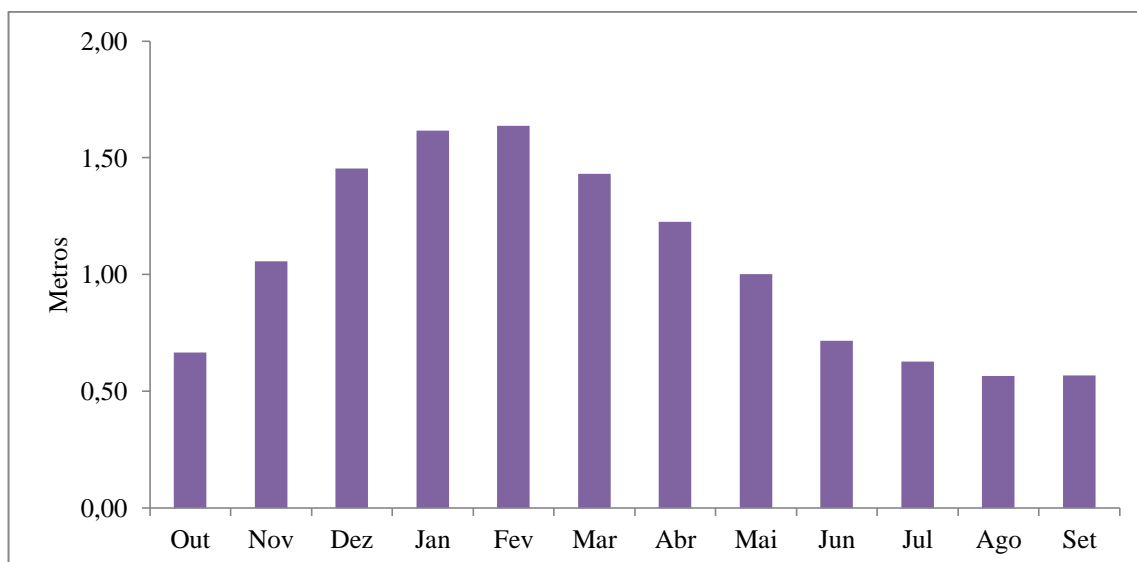


Fig. 23 – Nível hidrométrico médio mensal, entre 1934-1935 e 2011-2012, na Ponte de Águeda.

Em média, a altura hidrométrica aumenta de outubro a fevereiro e que diminui, a partir deste último até ao final do ano hidrológico (setembro). Esta situação dever-se-á a um acumular de água durante a estação húmida, devido à concentração da maioria da precipitação nesta parte do ano. Como posteriormente, com o início da primavera (no mês de março) esses quantitativos diminuem, há também um decréscimo da altura hidrométrica média mensal. Assim, o pico regista-se em fevereiro (1,64 metros) e o mínimo em agosto e setembro (0,57 metros).

3. INUNDAÇÕES

Todos os anos, na comunicação social, há uma cidade que aparece no “mapa” das inundações de Portugal, juntamente com a povoação de Reguengos do Alviela, na bacia hidrográfica do rio Tejo. Essa cidade é precisamente Águeda. Mas com que frequência anual se repetem essas inundações? Com que frequência mensal? Quais foram as inundações históricas? Neste ponto, procuramos responder a todas estas questões.

3.1. FREQUÊNCIA

A maioria dos anos hidrológicos apresentou dias com nível médio diário igual ou superior a 3,40 metros (fig. 24). As exceções à regra são levadas a cabo por aqueles em que registaram o nível hidrométrico médio anual mais baixo, como consequência dos menores

quantitativos de precipitação desses mesmos anos: 1948-1949, 1952-1953, 1975-1976, 1986-1987, 1998-1999, 2001-2002 e 2004-2005.

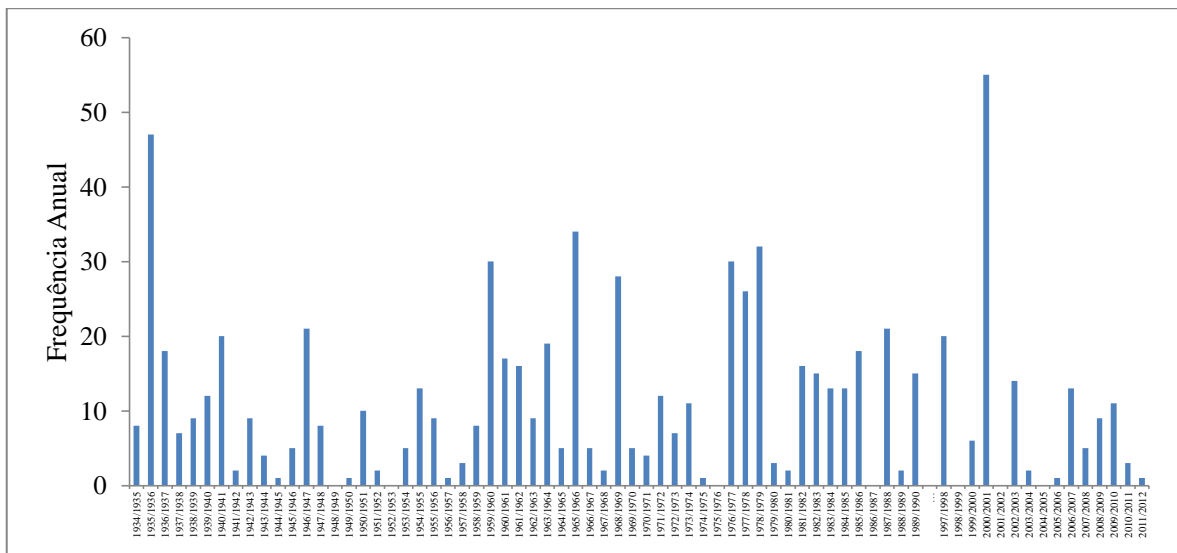


Fig. 24 – Frequência anual das inundações, entre 1934-1935 e 2011-2012, na Ponte de Águeda.

Existem claramente dois anos hidrológicos que se destacam dos restantes por neles terem ocorridos valores extremamente elevados no que respeita ao total anual de dias com inundações – 1935-1936 e 2000-2001, - com, respetivamente, 47 e 55 dias. O terceiro ano hidrológico, com um registo mais elevado foi 1965-1966, com 34 dias. No entanto, a média é de 9,9 dias anuais, o que mostra uma grande irregularidade na distribuição das inundações ao longo dos anos.

Em termos mensais (fig.25), os meses com maior percentagem de inundações, foram claramente aqueles que apresentaram maiores valores anuais (fig.24). Assim, só os meses de dezembro (22,5%), janeiro (24,9%) e fevereiro (22%), perfazem 69,4 % dos dias com nível médio diário igual ou superior a 3,40 metros. O mês de março é ainda representativo de 13,2%.

É ainda de salientar, que os meses de agosto foi o único mês que não patenteou nenhuma inundações, e os meses de junho e setembro, com valores extremamente baixos (0,4% e 0,1%, respetivamente).

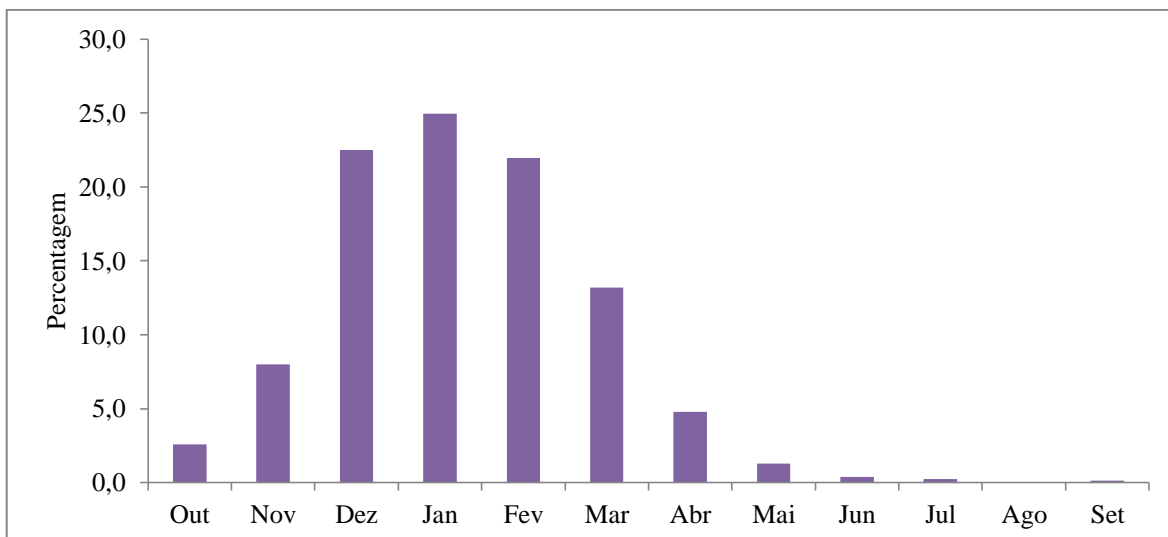


Fig. 25 – Frequência mensal das inundações, entre 1934-1935 e 2011-2012, na Ponte de Águeda.

3.2. CATEGORIZAÇÃO DAS INUNDAÇÕES

Depois de estabelecido o limiar mínimo para a ocorrência de inundações (3,40 metros), foram estabelecidas quatro categorias. A primeira categoria estende-se desde os 3,40 e vai até 3,99 metros, a segunda de 4 até 4,49 metros, a terceira de 4,50 a 4,99 metros, e a quarta, e última, integra todas as altura hidrométricas iguais ou superiores a 5 metros. Com esta tarefa pretende-se conhecer a frequência das inundações, em função do nível médio diário. Os resultados obtidos encontram-se no Quadro III.

Quadro III – Categorização das inundações, segundo o nível médio diário, entre 1934-1935 e 2011-2012, na área urbana de Águeda.

Categorias	Número de Dias	%
3,40 - 3,99m	578	74,7
4 - 4,49 m	160	20,7
4,50 - 4,99 m	33	4,3
≥ 5 m	3	0,3
Total	774	100

Entre 1934 e 2012, a área urbana de Águeda permaneceu inundada 774 dias, o que perfaz cerca de 2 anos, juntando todos esses dias. De facto, todos os anos hidrológicos, com exceção dos mais secos (1948-1949, 1952-1953, 1956-1957, 1975-1976, 1986-1987, 1998-1999; 2001-2002; 2004-2005), registaram dias com um nível médio diário superior a 3,40 metros. No entanto, se, para esses anos observarmos o nível instantâneo máximo

anual, concluímos que para todos, esse mesmo parâmetro é superior a 3,40 metros. Isto significa que, afinal, em todos os anos hidrológicos analisados se registaram inundações em Águeda, inclusive naqueles em que a precipitação foi pouco abundante.

As duas primeiras categorias (de 3,40 a 3,99 metros e de 4 a 4,49 metros) contabilizam a quase totalidade (95,4%) dos dias em que Águeda esteve inundada. A primeira categoria, por si só, é que representa a grande maioria, com 74,7% das ocorrências.

A terceira categoria (de 4,50 a 4,99 metros) encerra em si 33 dias com inundações, o que corresponde a cerca de 4,3%.

Por último, a quarta categoria (alturas hidrométricas médias diárias acima de 5 metros), representativa de cheias/inundações de cariz excecional, é composta por 3 dias, cada um representativo de um ano hidrológico diferente (Quadro IV). Os dias a que correspondem estas inundações correspondem também aos dias, para cada ano hidrológicos, em que se registou o nível hidrométrico máximo anual.

Quadro IV – Inundações com mais de 5 metros, segundo o nível médio diário, entre 1934-1935, na área urbana de Águeda.

Ano Hidrológico	Altura Hidrométrica (m)	Data
1963-1964	5,02	15-nov
1976-1977	5,13	20-fev
2002-2003	5,29	02-jan

O ano hidrológico de 1963-1964 foi chuvoso (1498,4 mm, em Oliveira do Bairro e 2488,6 mm, em Campia), o que resultou em valores mais elevados no nível médio diário do rio Águeda, na Ponte de Águeda (fig.26). A média anual foi de 1,33 metros, tendo-se registado 11 picos de cheia (2 em novembro, 3 em dezembro, 2 em fevereiro, 2 em março, 1 em abril e um em junho), dos quais 5, foram superiores a 3,40 metros.

Este apresentou ainda, 13 dias com nível médio diário entre 3,40 e 3,99 metros, 4 dias com o nível médio diário entre 4 e 4,49 metros; um dia com o nível médio diário entre 4,50 e 4,99 metros; e um dia com o nível médio diário igual ou superior a 5 metros.

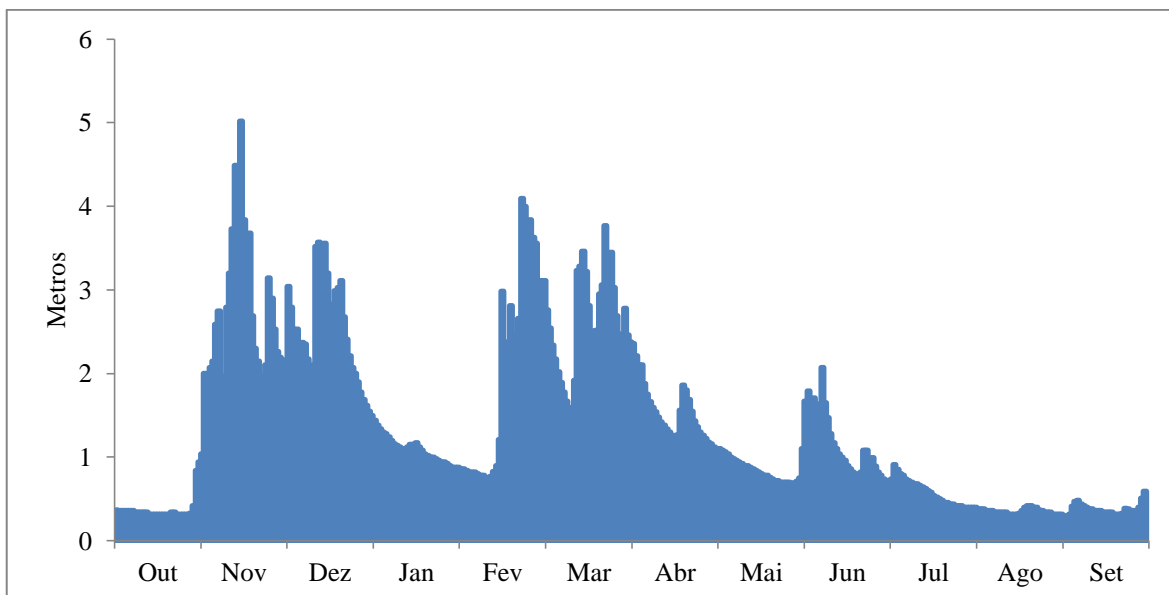


Fig. 26 – Hidrograma no ano hidrológico de 1963-1964, na Ponte de Águeda.

O ano hidrológico de 1976-1977 também foi chuvoso (1450,2 mm, em Oliveira do Bairro, e, 2941,7 mm, em Campia), tendo no dia 20 de Fevereiro, o rio Águeda, atingido o segundo valor mais alto no que respeita ao nível médio diário (5,13 metros).

A partir do hidrograma correspondente a este ano hidrológico, observam-se uma enorme quantidade de picos de cheia, de outubro a maio, que resultaram num total de 30 dias com inundações (23 dias com o nível médio diário entre 3,40 e 3,99 metros; 3 dias com o nível médio diário entre 4 e 4,49 metros; 1 dia com o nível médio diário entre 4,50 e 4,99 metros; e 1 dia com o nível médio diário igual ou superior a 5 metros) (fig.27).

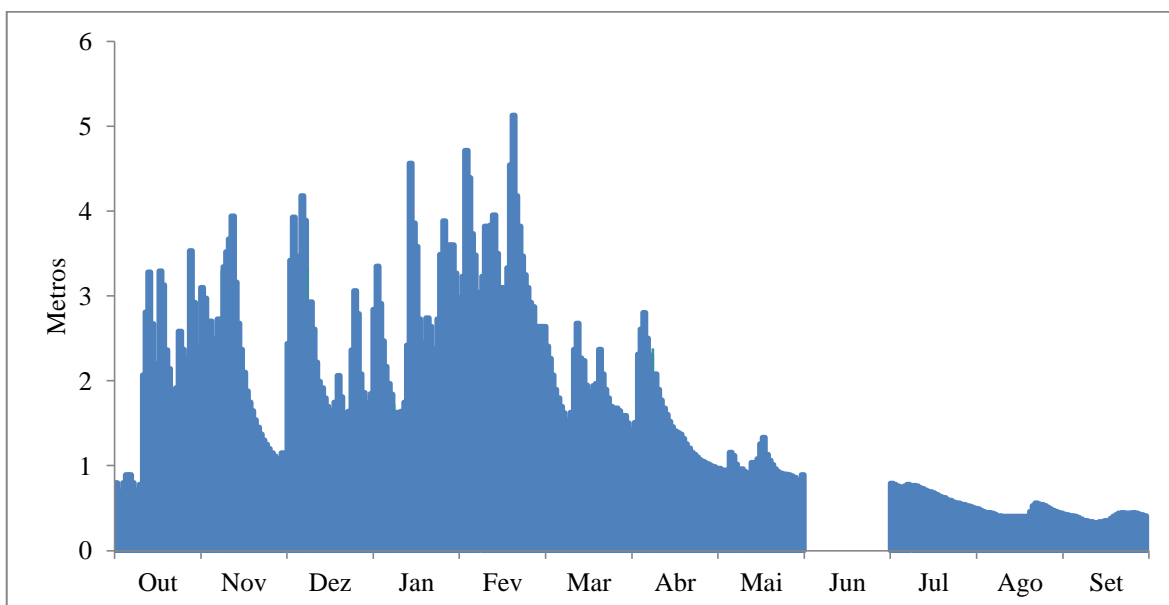


Fig. 27 – Hidrograma do ano hidrológico de 1976-1977, na Ponte de Águeda.

Tal como os anos hidrológicos de 1963-1964 e 1976-1977, o de 2002-2003 foi igualmente chuvoso (1556,6 mm, em Oliveira do Bairro e 2189,1 mm, em Campia). O dia 2 de janeiro apresentou o nível médio diário mais alto, desde que há registo (5,29 metros) – (fig.28).

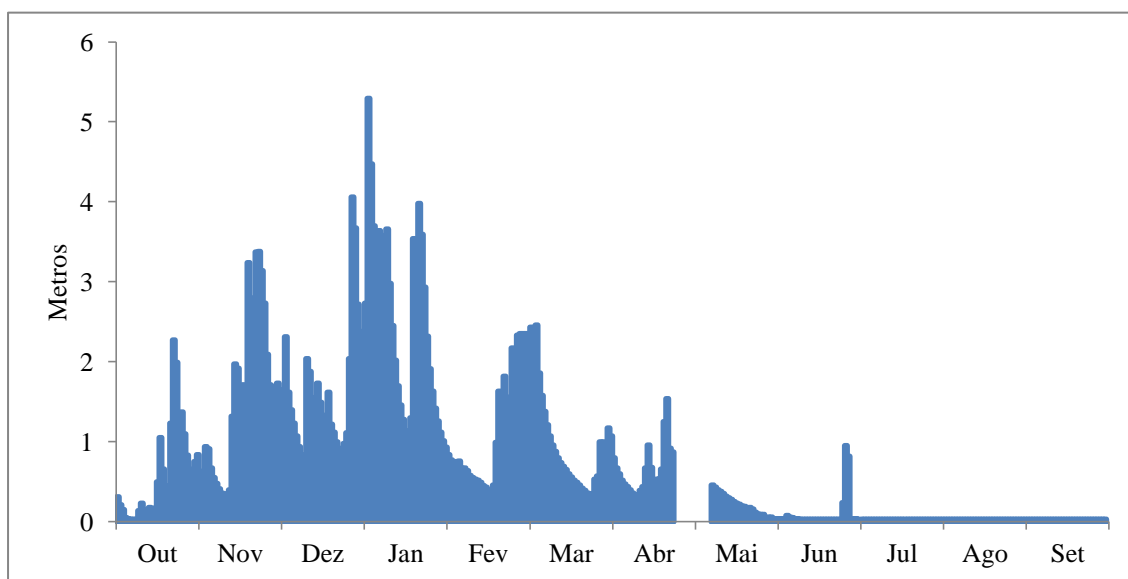


Fig. 28 – Hidrograma do ano hidrológico de 2002-2003, na Ponte de Águeda.

Patenteou vários picos de cheia e 14 dias com o nível médio diário superior a 3,40 metros.

No entanto, muitas outras cheias tiveram proporções históricas e, como tal, encontram-se marcadas em diversos pontos da Ponte de Águeda. Destas, as mais relevantes datam de 26 de dezembro de 1995 e de 26 de janeiro de 2001.



Fot. 2 – Limite máximo da cheia e inundação de 26 de Dezembro de 1995, gravadas na Ponte de Águeda.



Fot. 3 – Marca da cheia (e inundação) da cheia de 2001 (cheia máxima conhecida). Fonte: SNIRH.

4. O CASO EXCECIONAL DO ANO HIDROLÓGICO DE 2000/2001

Anteriormente, verificamos que o ano hidrológico de 2000/2001 foi deveras excecional, em termos udométricos, hidrológicos e hidrométricos. Segundo Câmara Municipal de Águeda (2011) os prejuízos diretos (isto é, aqueles que “ocorrem como consequência imediata das cheias/inundações como resultado do contato das águas e/ou detritos arrastados”, segundo Guedes, 2006) desta inundação foram calculados em 850.000.000\$ (cerca de 4.250.000€).

No que concerne à precipitação (fig.29), este foi o ano mais chuvoso na estação das Varzielas (2444,4 mm), o terceiro mais chuvoso em Oliveira do Bairro (1709,8 mm) e o nono mais chuvoso em Campia (2570,2 mm) – Quadro V e fig.29.

Quadro V – Precipitação mensal acumulada do ano hidrológico de 2000-2001.

	Precipitação Acumulada (mm)											
	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
Oliveira do Bairro	61,3	275,7	661,9	982	1106,1	1417,3	1457,9	1585,7	1611,5	1638,2	1662,5	1709,5
Campia	82,7	536	1197,3	2000,8	2253,5	2328,9	2415,6	2555,4	2560,9	2565,4	2566,2	2570,2
Varzielas	-	439,7	1097,9	1883,9	2136,7	2209,2	2296,2	2427,9	2433,4	2438,8	2439,8	2444,4

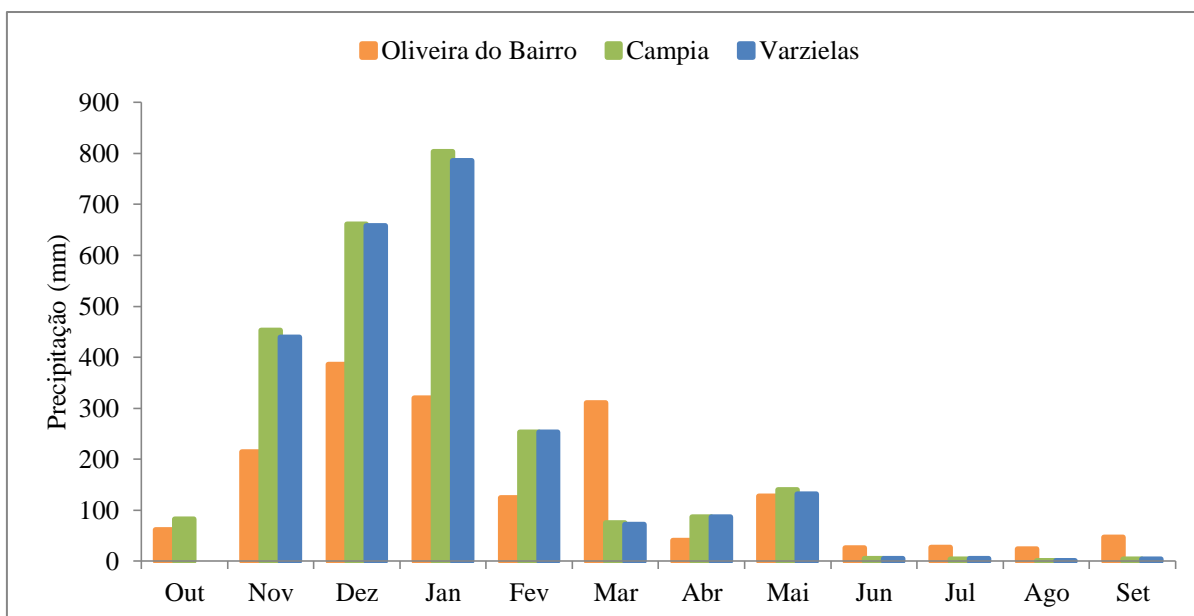


Fig. 29 – Precipitação mensal do ano hidrológico de 2000-2001.

Janeiro foi o mês mais chuvoso, em Campia (853,5 mm) e nas Varzielas (785 mm). Na estação de Oliveira do Bairro o mês mais chuvoso foi dezembro (386,2). Isto quer dizer que num só mês choveu mais nas duas estações do que em alguns dos anos hidrológicos mais secos! À exceção dos meses de março e dos meses de estio (junho, julho, agosto e setembro), a precipitação foi sempre mais elevada em Campia e Varzielas, relativamente a Oliveira do Bairro.

Relativamente ao número de dias anuais de precipitação, é de salientar que não foi dos anos que apresentou maiores valores em Oliveira do Bairro e em Campia (ambos com 143 dias). No entanto, nas Varzielas, foi o ano hidrológico com menor número de dias anuais de precipitação desde que há registo (151 dias)²⁰.

Em Oliveira do Bairro, dos 143 dias de precipitação anual, em 55 a precipitação diária foi superior a 10 mm, em 18 superior a 25 mm e em 1 superior a 50 mm. No posto udométrico de Campia, dos 143 dias de precipitação, registaram-se 70 de precipitação diária superior a 10mm, superior a 25mm e 15 superior a 50mm. Nas Varzielas, os valores da intensidade da precipitação foram ligeiramente iguais a Campia, com 67 dos 151 dias a apresentarem valores superiores a 10mm, 33 a apresentarem uma precipitação diária superior a 25mm e 15 a apresentarem uma precipitação diária superior a 50mm.

²⁰ A série udométrica, do posto das Varzielas, do ano hidrológico de 2000-2001 não se encontra completa, uma vez que o registo apenas se iniciou no dia 1 de Novembro.

No que respeita à precipitação acumulada (Quadro VI) verifica-se que, no final do ano civil, isto é, dezembro, já se teriam registado valores tão ou mais elevados do que seria normal num ano hidrológico.

Podemos considerar a cheia de janeiro de 2001, como tendo sido uma cheia progressiva, uma vez que resultou de um longo período pluvioso (Ramos & Reis, 2001).

No que respeita à hidrologia, foi também o ano no qual se verificou o maior nível hidrométrico instantâneo máximo anual (6,62 metros) bem como o maior número de dias com o nível médio diário superior a 3,40 metros (48, no total).

Em termos médios, o rio Águeda não apresentou um nível médio diário anual excepcional, tendo atingido os 1,52 metros, muito longe do recorde estabelecido no ano hidrológico de 1997-1998 (1,77 metros) – fig.30.

Na ausência de dados hidrométricos, relativos ao caudal, em Ponte Águeda, mas também em qualquer uma das restantes estações da bacia hidrográfica do rio Águeda, procedeu-se ao estudo do nível hidrométrico máximo diário²¹. Tal, como um hidrograma, este poderá ser um parâmetro que nos ajudará a perceber melhor o regime hidrológico do rio Águeda.

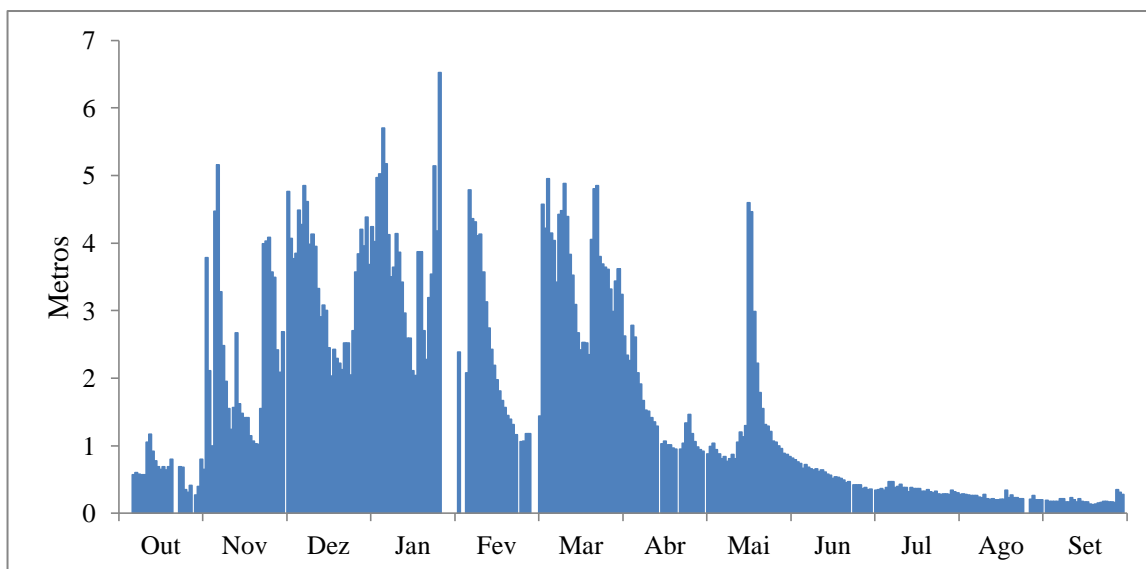


Fig. 30 – Nível hidrométrico máximo diário, no ano hidrológico de 2000-2001, na Ponte de Águeda.

Observa-se a presença de vários picos de cheia durante o ano hidrológico de 2000-2001. Dois deles são novembro, outros dois em dezembro (com um deles prolongando-se para o mês de janeiro), outro em janeiro (prolongando-se para fevereiro),

outros dois em março, e outro em maio. À primeira vez parecem ser todos característicos de cheias simples, isto é, cheias, em que apenas se verifica um máximo de caudal, ao contrário das cheias poligénicas, que possuem duas ou mais pontas de cheia.

A média anual do nível hidrométrico instantâneo (fig.31) foi semelhante à média para o período estudado, ou seja, níveis mais elevados nos meses mais pluviosos e níveis mais baixos nos meses menos chuvosos. Assim, os meses de outubro, junho, julho e agosto patentearam uma média mensal inferior à média da série. Os restantes meses do ano além de serem superiores à média foram representativos de valores extremamente altos, como dezembro, janeiro e março, nos quais os valores foram duas vezes superiores às respetivas médias.

Janeiro e março (ambos com 3,34 metros) são representativos dos máximos médios anuais de toda a série, para estes meses do ano.

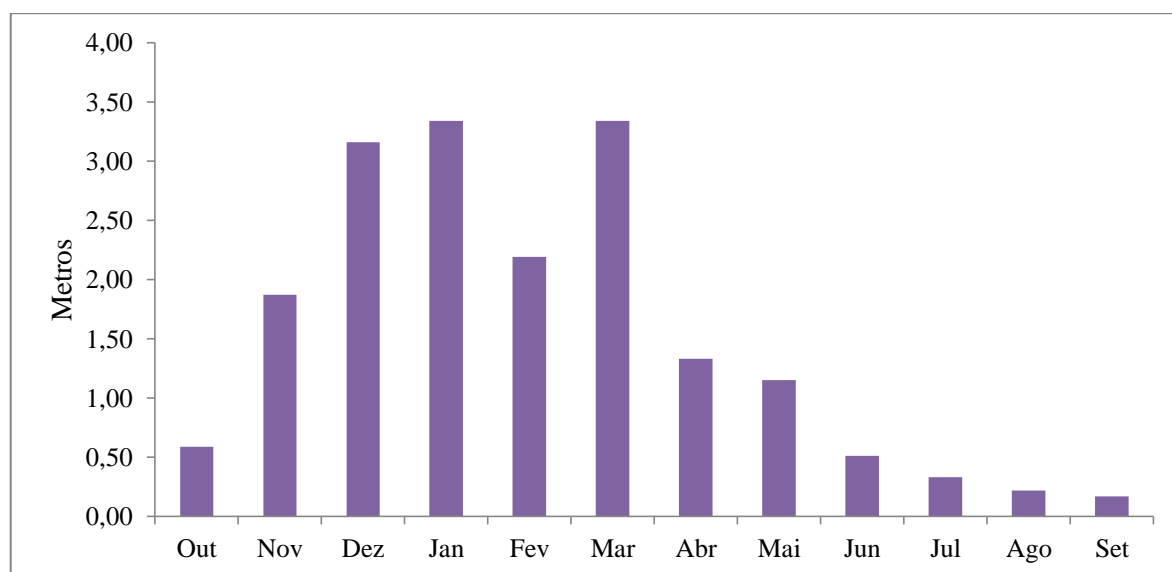


Fig. 31 – Nível médio mensal do rio Águeda, no ano hidrológico de 2000-2001, na Ponte de Águeda.

**PARTE III – O (des) Ordenamento do Território
na Bacia Hidrográfica do Rio Águeda.**

O (des) ordenamento do território condiciona a existência de cheias urbanas que, no caso de Águeda, são devidas a modificações nas condições de drenagem natural do curso de água, tais como alterações da topografia e/ou coberto vegetal, impermeabilização de extensas zonas e desvio e/ou canalização de linhas de água naturais e/ou obstrução do leito maior (Seabra *et al*, 2013). De facto, “a magnitude e a dimensão catastrófica, advêm, de um desordenamento territorial que decorrer, sobretudo, da ocupação dos leitos de cheia” (Cunha *et al*, 2012).

Isto quer dizer que as áreas densamente construídas são um entrave à infiltração das águas pluviais, proporcionando um maior escoamento superficial em direção às linhas de água, que facilita a deslocação das pontas de cheia.

1. ENQUADRAMENTO LEGAL

Nas questões de planeamento e ordenamento do território deve ter-se sempre em conta a existência do risco, o que permite atuar sobre a exposição de uma determinada população (vulnerabilidade) mas também sobre a impermeabilização dos solos (RevCEDOUA, 2007).

Com efeito, apesar de continuar a construir-se em áreas inundáveis, designadamente na área urbana de Águeda, há instrumentos reguladores dessa situação, quer seja a nível europeu, nacional, regional, ou mesmo local.

1.1. NÍVEL EUROPEU E NACIONAL

O primeiro documento em Portugal que regulamentou a questão da construção em áreas inundáveis foi o Decreto-Lei nº468/71, de 5 de novembro, cujos objetivos eram “rever, actualizar e unificar o regime jurídico dos terrenos incluídos no que se convencionou chamar de domínio público hídrico”. A criação do conceito de zonas adjacentes (área de terrenos contígua a um rio que se estende até ao limite da cheia centenária) permitiu aos serviços hidráulicos a regulamentação do planeamento urbanístico e o licenciamento de edificações, de modo a que sejam tidos em conta “os perigos emergentes da proximidade das águas e da probabilidade da sua acção devastadora”. O artigo 14º. afirma que a classificação de uma determinada área como sujeita a inundações será feita por decreto do Ministério das Obras Públicas e que uma vez classificadas como tal, todo e qualquer licenciamento estará dependente da Direcção Geral dos Serviços

Hidráulicos, “cabendo ao Ministro das Obras Públicas o poder de decidir no caso da câmara municipal competente não se conformar com aquele parecer”.

Em 1983, foi criada a Reserva Ecológica Nacional (Decreto-Lei n.º321/83, de 5 de julho).

O Decreto-Lei n.º89/87, de 26 de Fevereiro, faz uma revisão ao diploma anterior e, em consequência das cheias de novembro de 1983, na região de Lisboa, “concluiu-se que as cheias são devidas, sobretudo, ao aumento das áreas impermeabilizadas e à obstrução das áreas contíguas aos cursos de água pela ocupação urbana”. Pretende-se “delimitar, dentro das zonas adjacentes, áreas de ocupação edificada proibida e de ocupação edificada condicionada” mas também tornar ativa a participação das câmaras municipais em todos estes processos.

Nas áreas de construção proibida tornou-se interdito: destruir o revestimento florestal ou alterar o relevo natural; instalar vazadouros, lixeiras, parque sucatas ou quaisquer outros depósitos de materiais; implantar edifícios ou realizar obras suscetíveis de constituir obstrução ao escoamento; e dividir a propriedade rústica em áreas inferiores à unidade mínima de cultura. Do mesmo modo, para as áreas de ocupação condicionada ficou aprovado que “as cotas dos pisos inferiores dos edifícios a construir deverão ser sempre superiores às cotas previstas para a cheia dos 100 anos”.

O Decreto-Lei n.º364/98, de 21 de Novembro, estabeleceu a obrigatoriedade da elaboração de cartas de zonas inundáveis para municípios com aglomerados urbanos atingidos por cheias.

Em 2000, com a Directiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro, estabeleceu-se um “quadro de acção comunitária no domínio da política da água”. Esta apresenta 5 objetivos dos quais se destaca a contribuição “para mitigar os efeitos das inundações e das secas”.

A Lei da Água (Decreto-Lei n.º58/2005, de 29 de dezembro) estabelece que devem ser tomadas medidas de proteção contra cheias e inundações, bem como a obrigatoriedade de serem limitadas as áreas inundáveis nos instrumentos de gestão territorial.

A nível europeu, o instrumento de planeamento mais relevante é a Directiva 2007/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro de 2007, relativa à avaliação e gestão dos riscos de inundações. Ao “estabelecer um quadro de acção

comunitária no domínio da política da água”, exigindo a execução de planos de gestão de bacias hidrográficas que, entre outros objetivos, “contribuirá para a atenuação dos efeitos das inundações.” Tal normativa afirma mesmo que os estados membros da União Europeia “deverão abster-se de tomar medidas que aumentem significativamente o risco de inundação” e que os planos de gestão dos riscos de inundação “deverão centrar-se na prevenção, protecção e preparação”, tendo sempre em conta “a manutenção e/ou restauração das planícies aluviais, bem como medidas destinadas a prevenir e reduzir os danos”.

A diretiva supramencionada foi transposta para a lei portuguesa com o Decreto-Lei n.º115/2010, de 22 de outubro, sendo as medidas de redução dos riscos de inundação “coordenadas à escala das bacias hidrográficas”. Este documento constitui “uma ferramenta valiosa para estabelecer prioridades e para tomar decisões técnicas, financeiras e políticas ulteriores em matéria de gestão de riscos de inundações”.

Todavia, pouco mais de dois anos antes, em 2008, o Decreto-Lei n.º321/83, de 5 de julho, criou a Reserva Ecológica Nacional, aprofundado com a publicação do Decreto-Lei n.º166/2008, de 22 de agosto, no qual se definiram as áreas ameaçadas por cheias como áreas de risco.

1.2. NÍVEL REGIONAL E LOCAL

No Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Vouga (2012), que se menciona a seguir, são referidos três documentos (precedentes) importantes no que toca ao planeamento e gestão de recursos hídricos desta área: o Plano Geral de Aproveitamento Hidráulico da Bacia do Vouga (1975), o Estudo Preparatório da Instalação da Administração de Recursos Hídricos do Centro (1988) e o Estudo de Caracterização e Perspectivas de Desenvolvimento e Gestão dos Recursos Hídricos na Região do Vouga (1989).

Em 2010, foi também revista o Plano Diretor Municipal de Águeda, outro mecanismo de gestão territorial. Entre os seis objetivos claramente definidos, surge um de maior importância na questão do ordenamento do território e, mais concretamente, na mitigação de problemas relacionadas com as inundações – “promover a reestruturação do modelo territorial, com vista a uma melhor utilização do solo e uma correcta distribuição das infra-estruturas e qualificação urbana”.

Depois, no artigo 6.º, do capítulo II, as zonas abrangidas por cheias são definidas como condicionantes.

Por sua vez, artigo 72.º, do capítulo VI (solo urbano), é exclusivamente dedicado às áreas abrangidas por cheias e proíbe, não só, a existência de edifícios cuja cota do piso inferior seja inferior à cota local de máxima cheia conhecida, mas também a “construção de novas estruturas de saúde, estabelecimentos que utilizem substâncias perigosas e centrais eléctricas”.

1.2.1. PLANO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VOUGA

Este documento normativo, relativo à gestão dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Vouga, foi aprovado pelo Decreto Regulamentar n.º 15/2000, de 14 de Março.

Este diploma reconhece as áreas inundáveis como favoráveis à proliferação e instalação de atividades humanas, uma vez que as planícies aluviais possuem “bons solos e disponibilidades hídricas necessárias para a agricultura”, boas acessibilidades e “um maior valor ambiental”.

Na sua parte II, é feito um diagnóstico com base em algumas das características da bacia hidrográfica do rio Vouga, das quais se destacam: a ocupação do solo, o ordenamento do território, as situações hidrológicas extremas e de risco. Em relação à primeira, é feito um levantamento das situações em que se sobrepõem as áreas urbanas e urbanizáveis com as “áreas classificadas no âmbito das áreas protegidas, das zonas de protecção especial e dos sítios da Lista Nacional de Sítios”, enquanto que para a segunda, se concluiu que as cheias se devem sobretudo a quatro fatores: cotas baixas; influência das marés (na confluência do Águeda com o Vouga); incêndios florestais; secções de vazão insuficientes em pontes e pontões”. Nesta parte é ainda definida a “prevenção e minimização dos efeitos de situações hidrológicas extremas [...]” como uma das necessidades de intervenção na bacia.

Mais adiante, na parte III, como objetivos estratégicos para a bacia, no domínio da minimização dos efeitos de cheias e sua articulação com o ordenamento do território, são definidos três: promoção e definição de caudais ambientais, evitando a artificialização do regime hidrológico; promoção da minimização dos efeitos económicos e sociais das cheias, promovendo o ordenamento das áreas ribeirinhas sujeitas a inundações e o estabelecimento

de cartas de risco de inundação; preservação das áreas do domínio hídrico. Como objetivos operacionais são inventariados seis: o aprofundamento do conhecimento hidrológico e hidráulico das linhas de água; definição de estratégias relacionadas com a proteção de áreas inundáveis em função do tipo de ocupação do solo; desenvolvimento de critérios de dimensionamento de obras hidráulicas a executar em domínio hídrico; desenvolvimento e implementação de sistemas de aviso e alerta de cheias; restrição da construção nas áreas com elevado risco de cheia (tipificando as ocupações de acordo com 3 classes de risco); promover a elaboração de estudos detalhados relativos às potenciais zonas de cheias, nomeadamente nos núcleos urbanos.

Por fim, na parte IV, são elencados vários programas de ação a decorrer no âmbito do Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Vouga. Destacam-se o programa 04, denominado de “prevenção e minimização dos efeitos das cheias, secas e dos acidentes de poluição” e o programa 06, designado por “ordenamento e gestão do domínio hídrico”. No primeiro deles afirma-se que serão avaliadas as situações de cheia e que se procederá à identificação das áreas afetadas pelas mesmas, bem como ao estabelecimento das cartas de risco que servirão de base à definição das regras de ocupação, enquanto que no segundo, com base num programa complementar de medidas (C1 – Gestão da rede hidrográfica) se afirma que será feita uma “avaliação da necessidade de intervenções na rede hidrográfica e sua execução, envolvendo, nomeadamente, limpeza de margens, desassoreamento das linhas de água, regularizações fluviais e respetivos acompanhamentos de obras”.

2. ÁREAS INUNDÁVEIS

Guedes (2006) fez um levantamento de todas as áreas vulneráveis²² a inundações na bacia hidrográfica do rio Vouga. No concelho de Anadia, as áreas suscetíveis encontram-se ao longo das margens do Cértima: na freguesia de Sangalhos; União das Freguesias de Arcos e Mogofores, União das Freguesias de Tamengos, Aguim e Óis do Bairro. Ainda respeitante à área de drenagem do rio Cértima, o concelho da Mealhada também apresenta áreas de risco, tais como a própria cidade, “na área compreendida entre

²² A autora utiliza a expressão “áreas vulneráveis” (confrontar na página 121), afirmando que estes “dados foram recolhidos através do histórico de cheias de cada zona, através da análise de cartas militares (1:25 000) e de observações no terreno”. Ao longo de todo o trabalho não esclarece o conceito de vulnerabilidade aplicado. No nosso entender, o termo mais correto seria “áreas inundáveis”, uma vez que a vulnerabilidade não se refere exclusivamente às áreas suscetíveis de inundação, mas sim à presença do homem em qualquer área que possa ser afetada por um determinado risco (Rebelo, 2010). Isto quer dizer que pode haver áreas suscetíveis a inundação não humanizadas, logo não vulneráveis.

a Estrada Nacional 1 e a linha do caminho-de-ferro; ou no limite entre a localidade de Antes e a freguesia de Casal Comba e, ainda, entre o acesso à autoestrada 1 e estrada Sernadelo – Antes”, bem como na área compreendida entre a Pampilhosa e Ponte de Viadores.

No caso do concelho de Oliveira do Bairro, a principal suscetibilidade reside nas proximidades não só do rio Cértima e do seu afluente Levira, mas também da Pateira de Fermentelos.

No concelho de Águeda “as áreas vulneráveis encontram-se nas zonas ribeirinhas da cidade” e povoações marginais do rio Águeda, tais como Recardães, Óis da Ribeira, Aguada de Baixo, Espinhel e Fermentelos.

A área de confluência do rio Águeda com o Vouga (concelho de Aveiro) também é propícia à ocorrência de inundações.

Com a caracterização geral da bacia hidrográfica do rio Águeda (capítulo I), chegou-se à conclusão de que 4,7% da sua área era preenchida por uso do solo urbano e que no caso do concelho de Águeda, as áreas urbanas totalizavam 1508 hectares (4% do município), das quais alguns desses perímetros urbanos se encontram precisamente dentro do limite máximo da cheia centenária.

Ao introduzir o polígono de cheias (para um período de retorno de 100 anos), verifica-se que alguns desses perímetros urbanos se encontram precisamente dentro do limite máximo da cheia centenária (fig.32).



Fig. 32 – Área de inundação, segundo a Câmara Municipal de Águeda. (<http://softwarelivre.cm-agueda.pt/parnet/visualgeo.html>).

Ora, as áreas inundáveis estendem-se desde a confluência com o Vouga até Bolfiar (confluência do rio Alfusqueiro com o rio Águeda), inserindo-se nas freguesias de Águeda, Espinhel, Fermentelos, Óis da Ribeira e Recardães). É precisamente em Bolfiar que se faz a transição geológica entre a Orla Mesocenozóica (a jusante) e o Maciço Antigo (a montante), ou seja, uma transição que também coincide com a existente entre as maiores e as menores altitudes da bacia hidrográfica.

A área inundável pela cheia centenária ocupa algumas áreas artificializadas. O exemplo mais evidente desta situação é a área urbana de Águeda, mas existem outras, designadamente nas localidades de Borralha e Recardães, na margem esquerda.

A localidade de Óis da Ribeira, por se situar numa área plana, entre o rio Águeda e a Pateira de Fermentelos, numa situação de cheia centenária seria totalmente alagada.

Nas freguesias que integram o plano aluvial do rio Águeda, isto é, que possuem áreas sujeitas a inundações, têm-se verificado, desde 1864, um aumento significativo de habitantes mas também de edifícios (fig. 33).

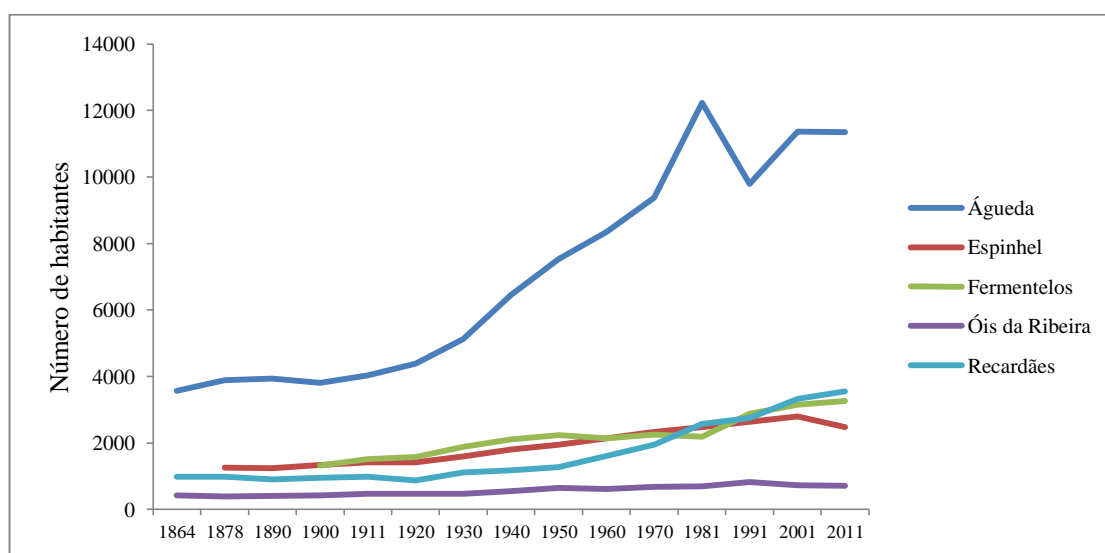


Fig. 33 – Evolução do número de habitantes em freguesias com áreas sujeitas a inundações, entre 1864 e 2011, no concelho de Águeda.

Verificou-se uma certa estagnação, tanto em número de habitantes como em número de edifícios, desde 1864 até 1920. A partir da década de 30, do século XX, em consequência do significativo aumento populacional, observou-se também uma amplificação do número de fogos.

Esta evolução foi particularmente notória na freguesia de Águeda, uma vez que em 1864 nela existiam 3 561 habitantes, enquanto que no ano de 2011 se contabilizaram 11 346 habitantes.

No que toca aos edifícios, no I Recenseamento Geral da População foram registados 838, enquanto que no XV aumentaram para 3 485 (fig.34).

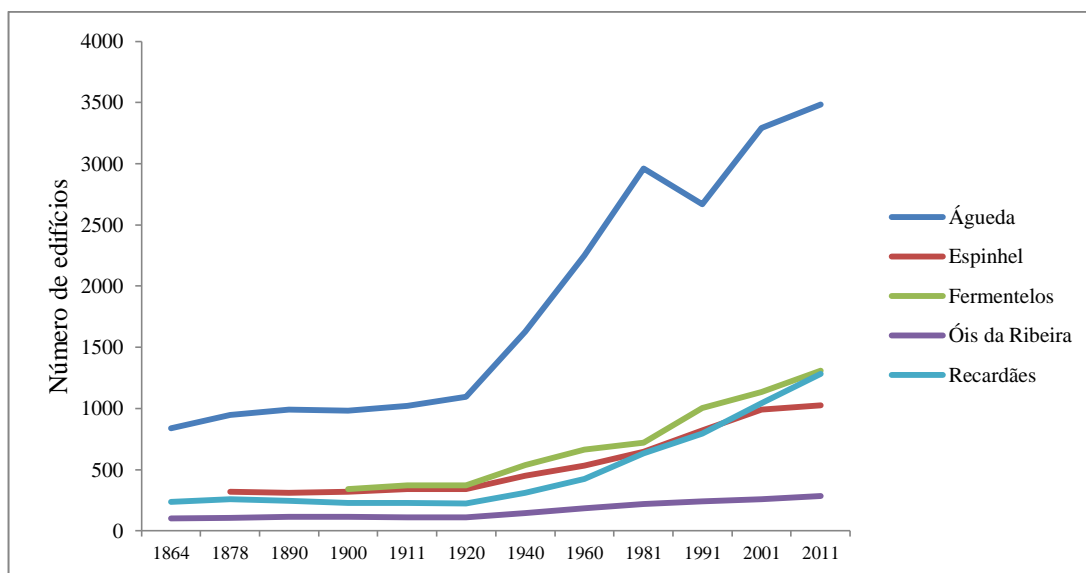


Fig. 34 – Evolução do número de edifícios por em freguesias com áreas sujeitas a inundações entre 1864 e 2011, no concelho de Águeda.

Muito provavelmente este incremento populacional tem resultado numa expressiva pressão sobre áreas aluvionares, uma vez que se continua a verificar a presença de guas, pelo menos no que respeita à área urbana de Águeda (fot. 4).



Fot. 4 – Área urbana de Águeda: pressão sobre áreas sujeitas a inundações.

3. MEDIDAS DE MITIGAÇÃO E MEDIDAS DE PROTEÇÃO

No sentido de minimizar ou até mesmo evitar os efeitos nefastos das inundações, sobretudo no que respeita a áreas urbanas, têm-se optado por um vasto conjunto de operações, umas de índole física (de carácter estrutural) e outras direccionadas para a redução do grau de exposição ao risco (de carácter não estrutural). As primeiras são destinadas a populações residentes em áreas de risco, enquanto que as segundas se destinam a populações que habitam áreas adjacentes a linhas de água (Sousa, 2005).

Segundo Guedes (2006) as medidas estruturais de defesa contra as cheias têm como intuito a “redução da quantidade máxima de escoamento, a redução das cotas para um determinado escoamento e a redução da duração do escoamento”. No que toca à medidas não estruturais, estas estão sobretudo ligadas a “acções tendentes a reduzir o possível impacto de uma inundação nas estruturas existentes, medidas ligadas ao Ordenamento do Território” (como por exemplo, a questão das zonas adjacentes, na legislação portuguesa, ou também da subdivisão das áreas inundáveis em classes de maior ou menor risco), e “sistemas de aviso e alerta e medidas de gestão de situações de cheia, como previsão hidrológica em tempo real”.

Maia & Ribeiro (1998) esquematizaram as medidas de mitigação de cheias (figs. 35 e 36):

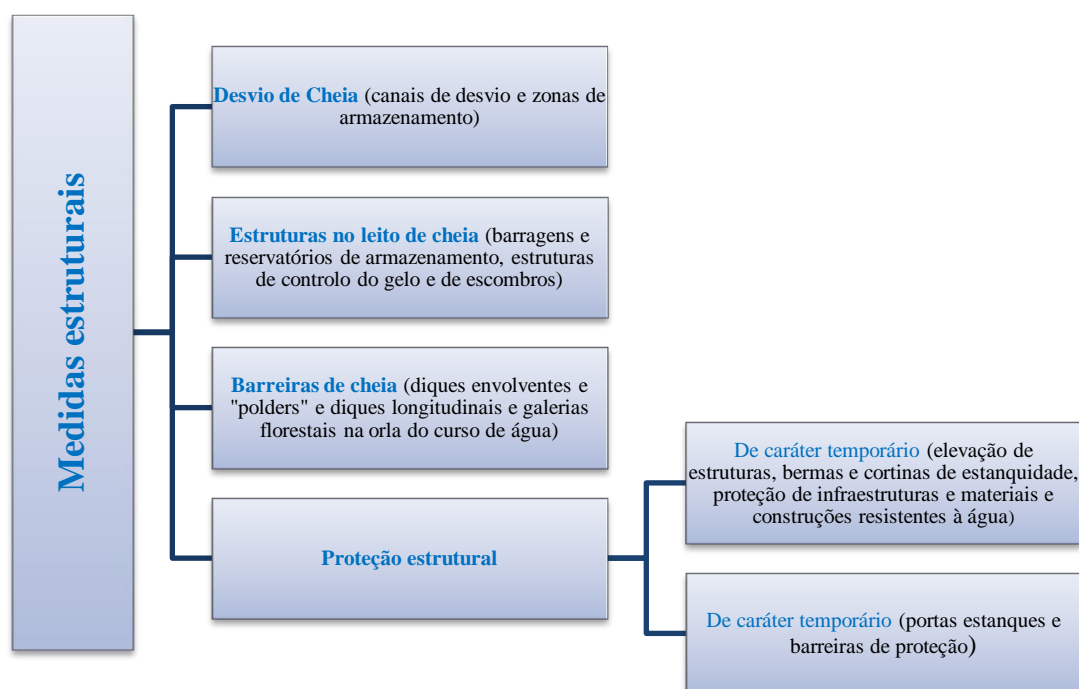


Fig. 35 – Medidas estruturais de mitigação de cheias/inundações (adaptado).

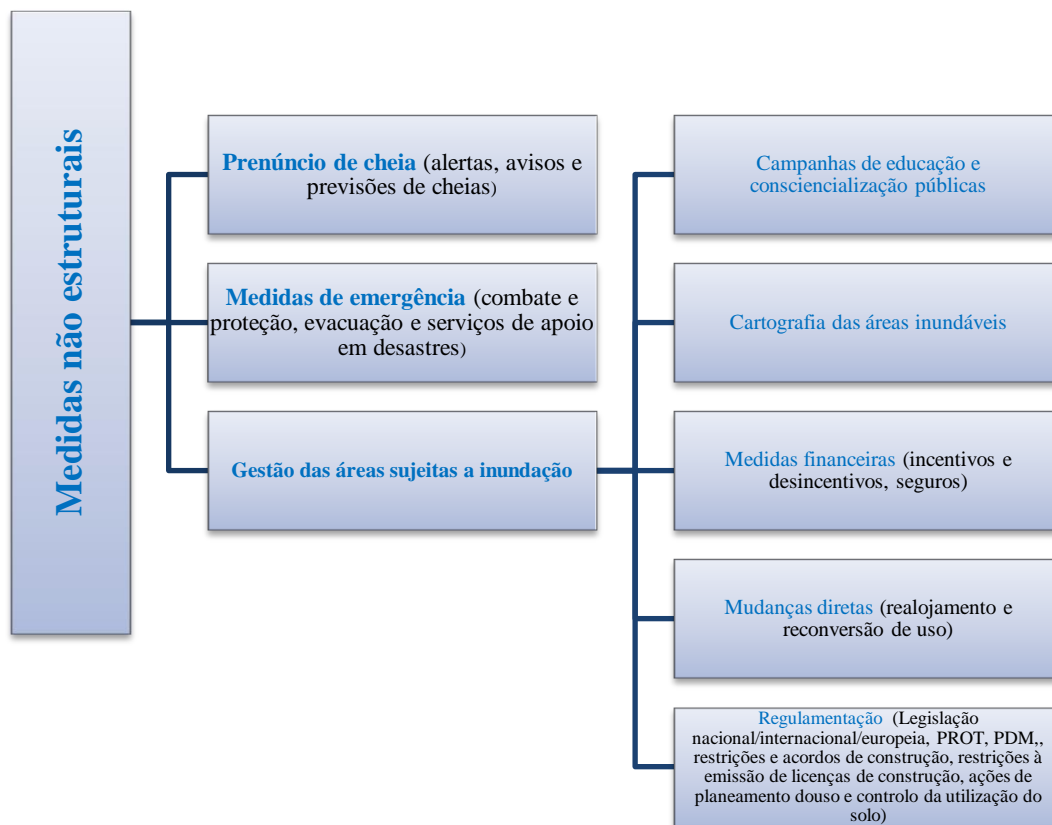


Fig. 36 – Medidas não estruturais de mitigação de cheias/inundações (adaptado).

Como as cheias/inundações são fenómenos aleatórios e frequentes torna-se necessário uma “domesticação da natureza”, apostando em “soluções que permitam a redução dos padrões de vulnerabilidade ao risco”. O controlo da expansão urbana assenta em regimes regulamentadores do uso do solo em áreas potencialmente inundáveis, mas também na (re)adequação dos edifícios a estas situações (Silva, 2005). Segundo a mesma autora, distinguem-se três técnicas: a elevação do edifício, o *wet flooding* e o *dry flooding*.

A elevação do edifício consiste na construção ou reabilitação deste, de modo a que a área habitável se situe acima das cotas da máxima cheia provável (e conhecida?), com períodos de retorno esperados de 50, 100 e 500 anos. No caso de reabilitação de edifícios, a opção que pode ser seguida é de inutilização do piso térreo para fins habitacionais (Silva, 2005).

Por sua vez, o *wet flooding* diz respeito à construção ou reabilitação do edifício, segundo técnicas que permitam a inundação de áreas não habitáveis (tais como garagens, arrecadações,...) sem que tal induza em danos materiais e estruturais no edifício. Torna-se ineficaz em áreas afetadas por *flash floods* (Silva, 2005).

O *dry flooding* implica a utilização de técnicas e materiais de revestimento suplementar e resiste das paredes, mas também a instalação de válvulas na rede de esgotos, impeditivas de inundação internas. Os edifícios possuem comportas (fixas ou removíveis) (Silva, 2005).

Na área em estudo, sobretudo no setor a jusante da confluência do rio Alfusqueiro com o rio Águeda, área onde se verificam os problemas relacionados com cheias/inundações, têm-se verificado, ao longo dos tempos várias medidas de mitigação, mas também medidas de proteção.

Durante o trabalho de campo, também foi possível constatar que, a população da baixa de Águeda, por norma, não tem objetos de grande valor, ou passíveis de ficarem estragados (como por exemplo, eletrodomésticos) no piso rés-do-chão das suas habitações.

Em algumas construções da área urbana de Águeda também é possível verificar a presença de adaptações do tipo *wet flooding*, mesmo sendo esta uma área de ocorrência de *flash floods*. Localizado na margem esquerda do rio Águeda, numa área frequente inundada por ser marginal ao rio, este edifício habitacional apresenta o seu rés-do-chão com portões abertos da parte da frente, e a parte de trás também com aberturas, mas mais pequenas. Possivelmente, será uma tentativa de facilitar o escoamento das águas de dentro do edifício, durante situações de crise (fot. 5).



Fot. 5 – Um exemplo de *wet flooding*.

Uma outra medida de proteção contra inundações consiste na construção de um muro, com cerca de 2,50 metros de altura, na frente ribeirinha (fot.6). Terá como objetivo a limitação da progressão da água, para a baixa da cidade, durante situações de inundação.



Fot. 6 – Vista do muro construída como medida de proteção contra inundações na baixa de Águeda.

Anteriormente, já a Administração Geral dos Serviços Hidráulicos e Eléctricos, através dos seus anuários (de 1927 a 1941), sob égide do Ministério das Obras Públicas e Comunicações, tinham tomados medidas no sentido de regularizar os leitos fluviais da bacia hidrográfica do rio Águeda. Estas medidas são elencadas a seguir.

No ano hidrológico 1927-1928, iniciaram alguns trabalhos com vista à recuperação e consolidação da área de drenagem tanto do rio Águeda, como do seu afluente, Cértima.

No ano seguinte (1928-1929) procedeu-se à defesa da margem direita do rio Águeda, em Bolfiar, onde se construiu um pequeno dique marginal com terra, estacaria e faxina, numa distância de 106 metros, tendo sido reforçado o anterior, que possuía 100 metros de extensão. Os trabalhos prosseguiram em 1931-1932, com o alteamento e consolidação do dique marginal, tendo-se assentado 120 metros cúbicos de alvenaria.

No ano de 1929-1930, na área do Souto do Rio (margem esquerdo do rio Águeda) prosseguiram trabalhos de consolidação das margens, com emprego de estacaria e faxina – uma extensão de 160 metros, que foi aumentada para 492 metros no ano seguinte.

Em 1932-1933 continuaram as obras de defesa das margens, tanto em Bolfiar como no Souto do Rio, tendo-se implantado no terreno 172 estacas e tendo-se plantado 938 árvores e arbustos.

Em 1935 fez-se a reparação da margem esquerda do rio Águeda, entre as localidades de Óis da Ribeira e de Requeixo. No ano seguinte prosseguiram os trabalhos de recuperação, nomeadamente entre os lugares da Remolha e de Porto Alvaz, e em Sardão (área urbana de Águeda).

Em 1936, construiu-se a ponte sobre o rio da Serra (afluente do Cértima), na Moita (município de Anadia).

Em 1937, continuaram os trabalhos de recuperação da margem esquerda, desta vez entre o açude das Canhotas e a saída do canal de descarga. Fez-se ainda a consolidação da margem esquerda do rio Cértima, na área de Canha.

Estes foram concluídos durante o ano seguinte, em que se executou ainda a desobstrução do rio Águeda, entre a Ponte Águeda e o Largo do Botaréu.

Em 1940, fez-se a reparação da serventia (caminho) da margem esquerda do rio Águeda, em Óis da Ribeira (trabalho este que foi concluído no ano de 1941) e consolidou-se a margem direita do rio da Serra, junto à ponte da Moita.

Em 1941, desobstruiu-se um canal na margem direita do rio Águeda.

Mais recentemente, as medidas de mitigação do risco têm estado ligadas sobretudo à requalificação urbana das áreas assentes na planície aluvial.

Em primeiro lugar, regenerou-se a margem direita. Segundo o Jornal Soberania do Povo - edição de 19 de junho de 2008 (<http://www.soberaniadopovo.pt/portal/index.php?news=7412>) -, estas medidas teriam como objetivos: “criar o parque ribeirinho de Águeda; revitalizar as instalações do Instituto da Vinha e do Vinho; criar um canal alternativo ao rio, que permita a utilização lúdica e a prática de desportos náuticos; recuperar a várzea; animar a área ribeirinha.

Em 2008, iniciaram-se as obras de requalificação da margem norte do rio Águeda, com um orçamento elegível de 2.574.809,47€, com participação comunitária em 80% deste valor, financiada através do QREN - Quadro de Referência Estratégico Nacional, para o período compreendido entre 2007 e 2013, através do FEDER - Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional) (fot. 7 e 8):



Fot. 7 – Painel informativo do investimento efetuado no âmbito do QREN, no que respeita à requalificação da margem norte do rio Águeda.



Fot. 8 – Painel informativo do investimento efetuado no âmbito do QREN, no que respeita à construção do açude insuflável.

Este investimento consistiu, sobretudo, no arranjo urbanístico da baixa da cidade de Águeda, desde o largo 5 de Outubro até às antigas instalações no Instituto do Vinho e da Vinha.

Ao mesmo tempo que se fizeram estas obras, procedeu-se também à instalação de açude insuflável (fot. 9), também financiado no âmbito do Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (Quadro de Referência Estratégico Nacional, para o período entre 2007 e 2013). A participação comunitária rondou 54% do total do investimento ilegível (1.840.857,26 €). Segundo a Câmara Municipal de Águeda (http://www.cm-agueda.pt/PageGen.aspx?WMCM_PaginaId=27652¬iciaId=39876&pastaNoticiasReqId=35276 - consultada efetuada a 26 de junho de 2014) consiste “numa manga de borracha espessa e cablada internamente que cheia de ar, ficará ancorada ao fundo do rio através de uma base, em betão, sendo que a pressão da manga é controlável com as condições do rio” (fig.37).



Fot. 9 – Açude insuflável no rio Águeda.

A empreitada visava a “criação de um espelho de água no trecho do rio que atravessa a cidade” e é “destinada a devolver o rio à cidade e às populações ribeirinhas, sendo vital para a promoção da prática de desportos aquáticos, actividades de lazer, e para a promoção de Águeda como destino turístico”. A construção do açude visava ainda “evitar a falência das actuais captações de água, regular o caudal do rio, reduzir o impacto na ecologia do rio e permitir a livre circulação de espécies piscícolas”.

Atualmente, encontra-se em curso a requalificação da margem sul, cuja obra fulcral é a construção de um canal secundário (“*by-pass*”) na várzea²³ do rio Águeda (Câmara Municipal de Águeda, 2011), pois torna-se fundamental criar de um novo canal de escoamento “para acabar ou reduzir a ocorrência das inundações na cidade Águeda, procurando minimizar custos económicos, sociais e ambientais associados”.

²³ Várzea é o termo comum para a planície aluvial.



Fig. 37 – Estrutura do açude insuflável do rio Águeda.

Fonte: http://www.cm-agueada.pt/PageGen.aspx?WMCM_PaginaId=27652¬iciaId=39876&paginaNoticiasReqId=35276. – consulta efetuada a 26 de junho de 2014.

O novo canal terá uma extensão de 791 metros (fig. 38) e, de acordo com estudo hidrológico (Câmara Municipal de Águeda, 2011), estima-se que este canal secundário poderá reduzir as cheias com um período de retorno de 20 anos.

No entanto, e como já houve oportunidade de verificar, a planície aluvial (na margem sul) está repleta de edifícios e, conseqüentemente, apesar da existência de dois canais para escoamento, no caso de uma cheia verdadeiramente excepcional, essas construções não serão mais afetadas?

A ilha artificial que, entretanto, será criada com a construção de um segundo canal será aproveitada para instalação do futuro parque urbano (fig. 39), denominado de parque ribeirinho (<http://www.geoestrutural.tecnopt.com/portfolio-post/requalificacao-da-margem-sul-do-rio-agueada/> - consultado a 26 de junho de 2014).

Ao mesmo tempo, e, no âmbito do mesmo projeto, encontra-se ainda a decorrer o alargamento dos vãos da Ponte de Óis da Ribeira e da Ponte do Campo, o que se traduz num aumento da secção de vazão, que facilitará o escoamento. A regeneração da Ponte Águeda, antigo troço da estrada nacional 1, também se encontra a decorrer, tendo causado bastantes problemas ao escoamento durante o inverno 2013/2014.

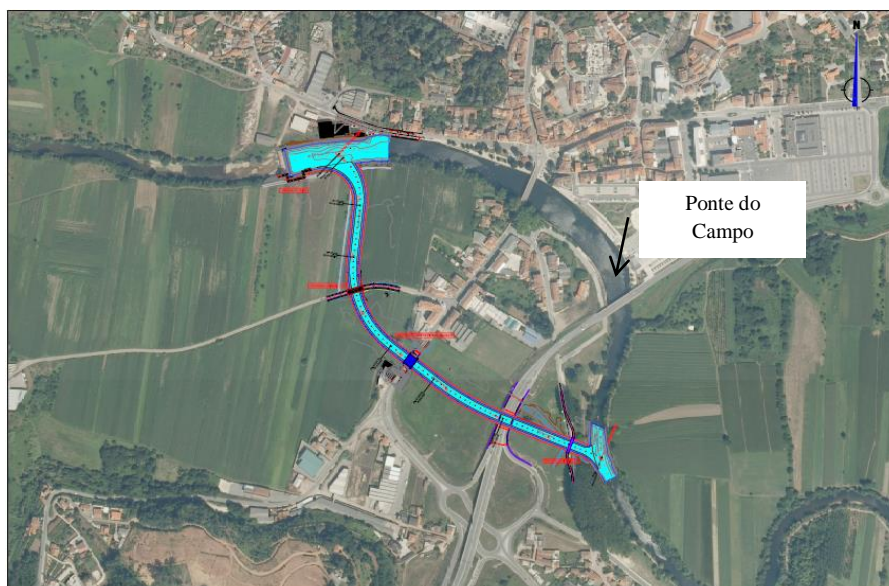


Fig. 38 – Projeto do novo canal, do tipo “by-pass”, no rio Águeda.

(extraído e adaptado de Câmara Municipal de Águeda, 2011)



Fig. 39 – Projeto do parque ribeirinho da cidade de Águeda.

Fonte: <http://www.geoestrutural.tecnopt.com/portfolio-post/requalificacao-da-margem-sul-do-rio-agueda/> - consultado a 26 de junho de 2014.

PARTE IV – As inundações como consequência da erosão após incêndios florestais: o caso do ano hidrológico de 2013/2014

Entre 20 de agosto e 2 de setembro de 2013 arderam, na Serra do Caramulo, mais de 9 415,5 hectares (ICNF, 2013), dos quais 7 970,3 (84,7%) integram a bacia hidrográfica do rio Águeda.

Durante o inverno seguinte a este evento danoso, do qual, além da destruição do coberto vegetal e da vida animal, resultaram também perdas humanas, verificaram-se chuvadas que arrastaram material queimado e causaram grandes inundações, nomeadamente na área urbana de Águeda.

1. HISTÓRICO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ÁGUEDA

Segundo o Instituto de Conservação da Natureza e Florestas, entre 1990 e 2013, todos os anos registaram incêndios florestais, na bacia hidrográfica do rio Águeda (fig. 40).

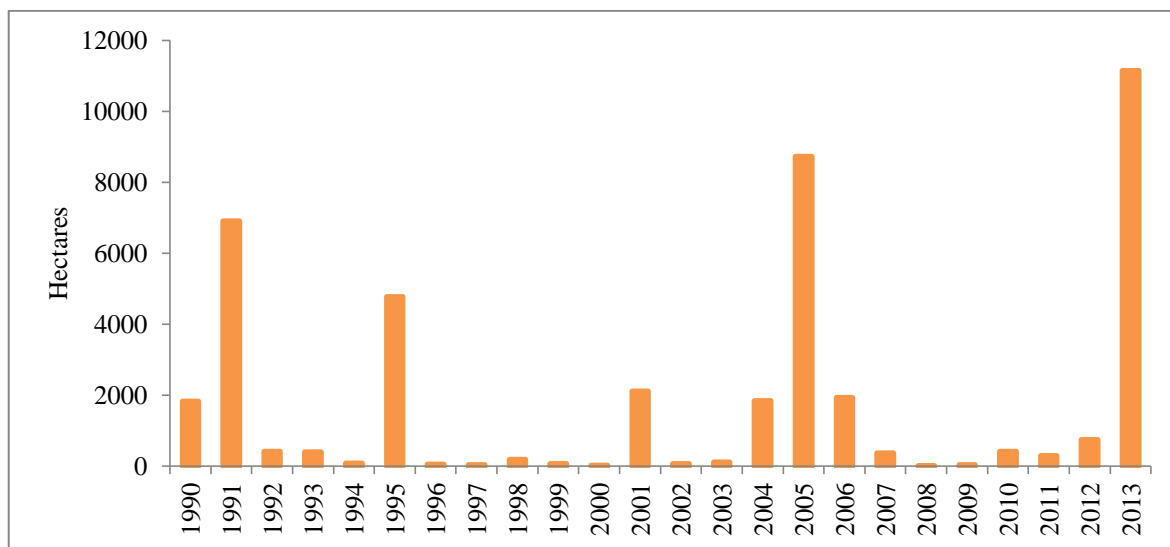


Fig. 40 – Áreas ardidas, em hectares, entre 1990 e 2013, na bacia hidrográfica do rio Águeda, segundo o ICNF.

O ano de 2013 foi aquele em que se registou maior área ardida (11 432,5 hectares). No entanto, os anos de 1991 (6 909,98 hectares) e de 2005 (9 718,86 hectares) também registaram valores extremamente elevados.

Na bacia hidrográfica do rio Águeda, as áreas ardidas encontram-se sobretudo na sub-bacia do rio com o mesmo nome (fig. 41). Na sub-bacia do rio Cértima são pouco representativas, à exceção de um incêndio (ocorrido em 2005) que se propagou pelas duas sub-bacias.

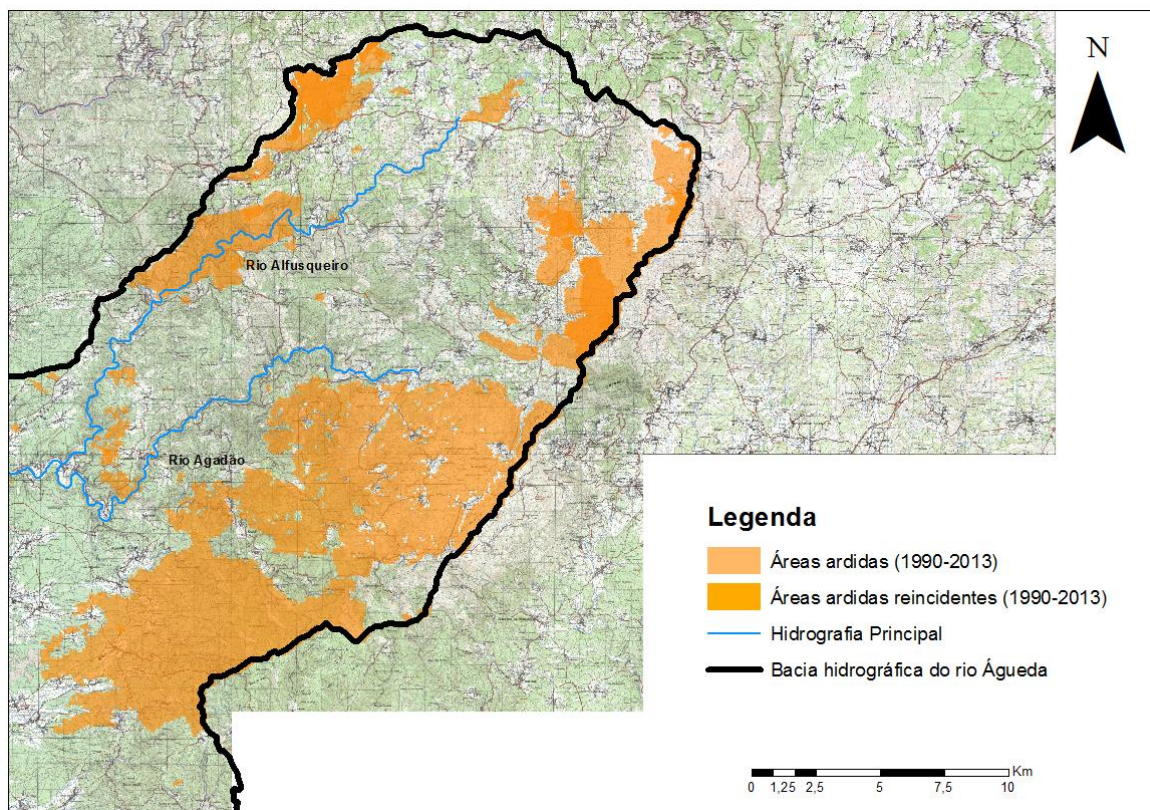


Fig. 41 – Áreas ardidas na sub-bacia hidrográfica do rio Águeda (segundo o ICNF), entre 1990 e 2013.

1.1. OS INCÊNDIOS NA SERRA DO CARAMULO – VERÃO DE 2013

Durante os dias 20 de agosto e 2 de setembro de 2013 desenvolveram-se três grandes²⁴ incêndios na Serra do Caramulo, nomeadamente nos concelhos de Tondela, Oliveira de Frades, Vouzela, Águeda e Viseu, tendo afetado os perímetros florestais da Pernoita e do Caramulo, bem como propriedades agroflorestais privadas de natureza individual ou coletiva (ICNF, 2013).

Estas três ocorrências (Alcofra, Silvares e Guardão) queimaram uma vasta área de 9 415,5 hectares (ICNF, 2013), dos quais 7 970,3 (84,7%) integram a bacia hidrográfica do rio Águeda (Quadro VI e fig. 42).

²⁴ Considera-se um grande incêndio, em Portugal, segundo os organismos oficiais, aquele em que a “dimensão da área ardida assume valores iguais ou superiores a 100 hectares” (Flora, Bento-Gonçalves, Úbeda e Vieira, 2013).

Quadro VI – Resumo da área ardida nos incêndios florestais da Serra do Caramulo, no verão de 2013.

	Área ardida total (ha)	Área ardida integrante na bacia hidrográfica do rio Águeda	
		Hectares	%
Alcofra	1522,05	0	0%
Silvares	1345,56	374,1	27,8
Guardão	6457,57	6251,98	95,5

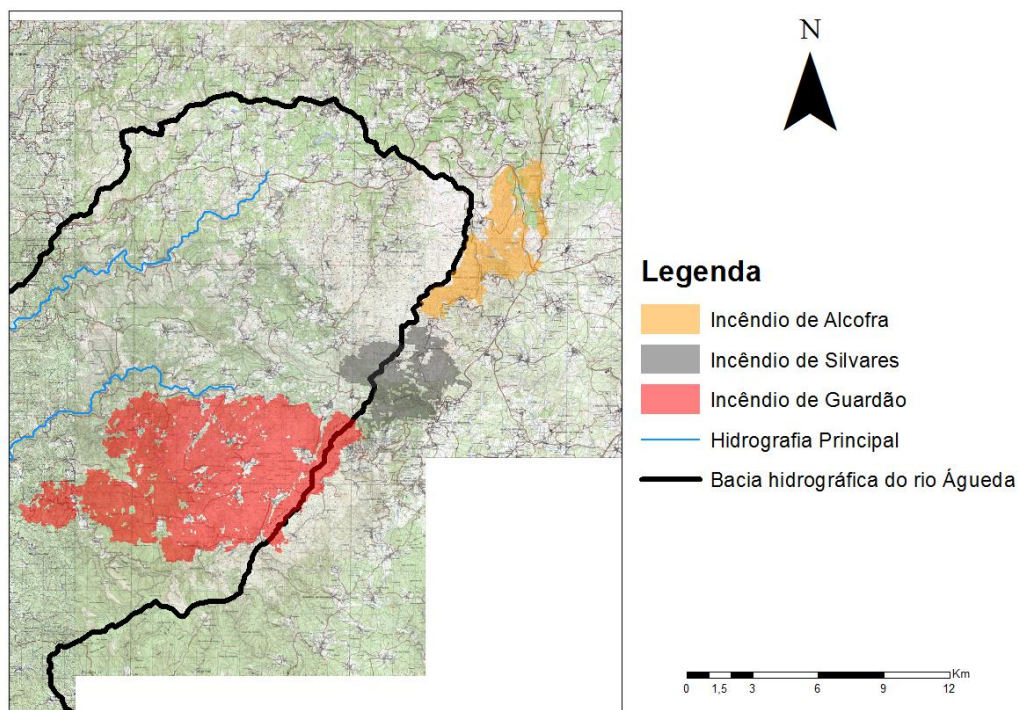


Fig. 42 – Área ardida nos incêndios da Serra do Caramulo, no Verão de 2013 (segundo o ICNF).

A ocorrência de Alcofra teve início no dia 20 de agosto, tendo sido encerrada a 25 do mesmo mês. Esta não afetou a nossa área de estudo, apesar de terem sido queimados 1 522,05 hectares.

Da ocorrência de Silvares, iniciada no dia seguinte, a 21 de agosto, resultaram 1345,56 hectares ardidas, dos quais, 374,1 (isto é, cerca de 27,8% da área ardida) integram a bacia hidrográfica do rio Águeda. O incêndio foi dado com extinto no dia 29 de agosto.

No entanto, a ocorrência mais significativa, no que diz respeito à área em estudo, foi a de Guardão, uma vez que 95,5% dos 6457,57 hectares de terra queimada se incorporam nesta. O incêndio foi extinto no dia 2 de setembro.

Como foi referido na primeira parte desta dissertação, a área atingida pelos grandes incêndios do Caramulo, em termos de uso e ocupação do solo, é basicamente

composta por espaços florestais. De acordo com o relatório do ICNF (2013), a maioria da área ardida era composta por florestas (Quadro VII).

Quadro VII – Distribuição do uso do solo da área ardida pelos incêndios florestais da Serra do Caramulo, no verão de 2013.

(extraído de INCF, 2013).

Usos do solo	Total (ha)	Taxa
Agricultura	400	4
Águas Interiores e Zonas Húmidas	50	1
Floresta	5.844	62
Improdutivos	25	0
Matos e Pastagens	3.097	33
Total	9.415	100

De facto, as áreas florestais (62%) e os matos e pastagens (33%) perfazem a quase totalidade (95%) do uso do solo das áreas ardidas durante os incêndios na Serra do Caramulo. As restantes tipologias de uso do solo devastadas foram: agricultura (4%), águas interiores e zonas húmidas (1%) e improdutivos (não chega a 1% da área ardida).

No entanto, de um modo particular, nos incêndios de Alcofra e de Silvares, a maioria da área ardida não corresponde ao uso do solo do tipo florestal, mas sim aos matos e pastagens (55% e 53%, respetivamente)²⁵. Aqui a área florestal queimada corresponde a 41% da área ardida, no primeiro caso, e a 44% no segundo.

O mesmo não se verificou no incêndio de Guardão, onde, de facto, a maioria da área devastada corresponde a florestas (70%). É de salientar que 68% da área ardida diz respeito a povoamentos de eucalipto.

2. O OUTONO/INVERNO DE 2013-2014

Neste subcapítulo pretende-se analisar a precipitação e o escoamento dela decorrente, com vista à caracterização das inundações registadas nessas duas estações do ano.

²⁵ Provavelmente teriam ardido em anos anteriores e, portanto, já se encontrariam em mato, sendo por isso espaços com aptidão florestal.

2.1.PRECIPITAÇÃO

No que à precipitação diz respeito, tecem-se algumas considerações sobre as precipitações mensais e, depois, sobre as máximas diárias.

2.1.1.PRECIPITAÇÃO MENSAL

No período que decorreu entre setembro e novembro de 2013 registaram-se valores de precipitação inferiores aos normais, tendo-se classificado o outono como “normal e seco” em Portugal Continental (IPMA, 2013a). Por sua vez, o inverno (dezembro, janeiro e fevereiro) caracterizou-se por precipitações superiores às normais (IPMA, 2014a).

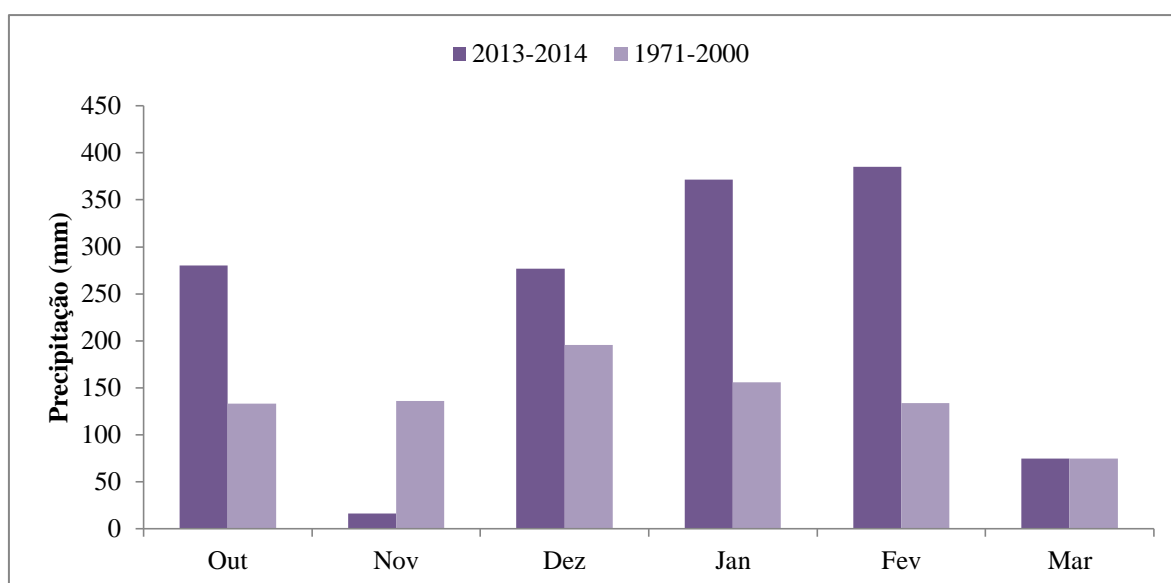


Fig. 43 – Comparação entre a precipitação mensal ocorrida entre outubro de 2013 e março de 2014 e verificado no mesmo período, entre 1971 e 2000 (estação meteorológica de Viseu).

Com exceção do mês de novembro que, em Portugal Continental, foi o “quarto novembro mais seco dos últimos 83 anos”, – cerca de 20% em relação ao valor médio (IPMA, 2013b) -, todos os seis meses em análise (de outubro de 2013 a março de 2014), nas três estações meteorológicas selecionadas (Aveiro²⁶, Coimbra e Viseu) obtiveram registos bastantes superiores à média para o intervalo entre 1971-2000) (figs.43 e 44). No

²⁶ A estação meteorológica de Aveiro, apesar de próxima da área em estudo, não apresenta registos de precipitação mensal nos meses de novembro de 2013 e de janeiro e fevereiro de 2014, não tendo sido incluída na representação gráfica por essa mesma razão.

mês de março também foi choveu menos que o habitual, mas sem grande desvio em relação ao valor médio.

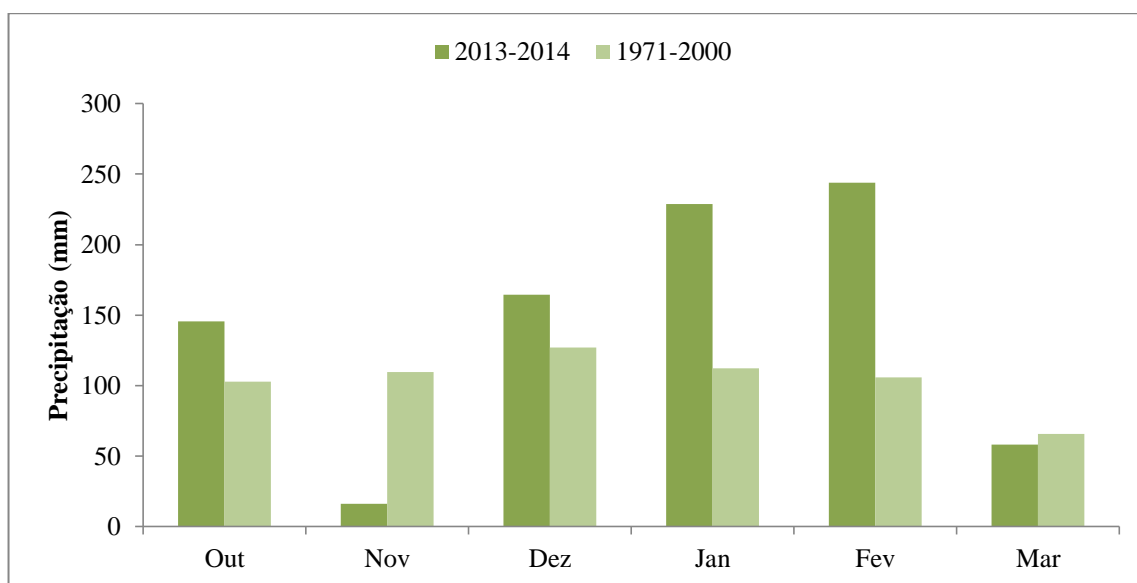


Fig. 44 - Comparação entre a precipitação mensal ocorrida entre outubro de 2013 e março de 2014 e verificado no mesmo período, entre 1971 e 2000 (estação meteorológica de Coimbra).

Viseu foi a estação que registou maior precipitação mensal, em todos os meses em estudo. No final de março já tinham chovido 1404,2 mm, um valor quase duas vezes superior ao considerado normal (828,6mm), para esse mesmo período.

As estações de Aveiro e Coimbra aduzem registos anuais (1971-2000) similares (906,7mm e 905,1mm, respetivamente), supondo-se por isso que, no caso de existência de registos para todos os meses, a primeira teria dados muito próximos da segunda (856,7mm, entre outubro e março). No entanto, a “normalidade”, no caso destas duas estações seria de 657,7mm, no caso de Aveiro, e de 622,1mm, no caso de Coimbra. Isto significa que no outono-inverno de 2013-2014 choveram cerca de 200mm a mais do que seria habitual (Quadro VIII).

Quadro VIII – Precipitação entre os meses de outubro e março, no período em estudo (2013-2014) e respetiva comparação com as normais climatológicas (1971-2000) desses meses.

	2013-2014	1971-2000
Aveiro	436,8mm	657,7mm
Viseu	1404,2mm	828,6mm
Coimbra	856,7mm	622,1mm

O mês de outubro foi considerado como “chuvoso e extremamente chuvoso”, com Aveiro a registar 223mm, Viseu a registar 280,3mm e Coimbra a registar 145,5mm (a

média - 1971-2000 - foi, respetivamente, de 110,3mm, 133,2mm e 102,6mm). No dia 1, bem como nos dias 20 e 25 ocorreu precipitação forte e persistente (IPMA, 2013c).

O mês de novembro como já referimos anteriormente foi bastante atípico, tendo-se registado valores muito baixos no que toca à precipitação mensal (IPMA, 2013b) – 16,4mm em Viseu e 16mm em Coimbra (a média – entre 1971-2000 – foi de 135,9mm em Viseu e de 109,4mm em Coimbra).

O mês de dezembro, apresentou, para Portugal Continental, “valores próximos dos normais, tendo sido classificado como chuvoso nas regiões a norte do Tejo e normal nas regiões a sul” (IPMA, 2013d). Nas três estações meteorológicas selecionadas, uma vez que se situam a norte do rio Tejo, este mês foi chuvoso, tendo-se verificado 140,7mm em Aveiro, 276,6 mm em Viseu e 164,5mm em Coimbra (a média – entre 1971-2000 – foi de 131,9mm em Aveiro, 195,4 em Viseu e 164,5mm em Coimbra).

O mês de janeiro, tal como outubro e dezembro, “caraterizou-se por valores de precipitação superiores aos normais, classificando-se este mês como chuvoso e muito chuvoso nas regiões do Norte e do Centro e normal a seco na região Sul”. A estação de Viseu registou neste mês, para Portugal Continental, o valor mais elevado de precipitação em 24 horas (63,7mm), mas também o maior registo nacional mensal (371,4mm, quando o normal seria de 155,7 mm!) (IPMA,2014c). Na estação de Coimbra, os registos também foram cerca de duas vezes superiores ao valor normal entre 1971-2000 (112,2mm), ou seja, 228,7mm.

O mês de fevereiro foi o fevereiro mais chuvoso dos últimos 35 anos (exceto no sotavento algarvio), tendo-se verificado quantitativos de precipitação duas vezes superiores ao normal e, como tal, classificando-se como mês chuvoso (IPMA, 2014d). Nas estações de Coimbra e Viseu observou-se esta tendência de valores extremamente elevados. Em Viseu, foram registados 384,9mm (quase três vezes mais elevado que o valor para 1971-2000: 133,6mm) e em Coimbra 244,mm (o normal seria 105,6mm).

Março caraterizou-se por valores de precipitação próximos dos normais, classificando-se este mês como normal (IPMA, 2014e). Nas estações em estudo a precipitação mensal, embora inferior, foi próxima do normal: 73,1mm em Aveiro, 74,6mm em Viseu e 58mm em Coimbra (a média – entre 1971 e 2000 – foi, respetivamente, de 89,6mm, 74,8mm e 65,5mm).

2.1.2. PRECIPITAÇÃO MÁXIMA DIÁRIA

Outro parâmetro a avaliar que também poderá ter influência na erosão do solo após a ocorrência de incêndios florestais, é, na falta de informação horária, a precipitação máxima diária (Quadro IX), uma vez que ajuda a ter uma ideia da sua intensidade.

Quadro IX – Precipitação máxima diária entre outubro de 2013 e março de 2014, nas estações meteorológicas de Aveiro, Viseu e Coimbra.

	Precipitação Máxima Diária											
	Out		Nov		Dez		Jan		Fev		Mar	
	mm	Dia	mm	Dia	mm	Dia	mm	Dia	mm	Dia	mm	Dia
Aveiro	56,4	1	3,2	3	41,3	25	-	-	-	-	14,9	1
Viseu	63,4	22	6,8	8	80,6	25	63,7	3	48,6	10	20,5	31
Coimbra	51,3	19	5,6	8	54,7	25	42,2	3	35,4	10	10	2

Nenhum dos valores observados superou os mais altos registados, mensalmente, para o período entre 1971-2000. Verifica-se uma relação direta entre precipitação mensal e precipitação máxima diária de um determinado mês, uma vez que à medida a segunda aumenta em função da segunda.

No mês de dezembro houve concordância no que respeita ao dia (25) da ocorrência da precipitação máxima diária, nas três estações. Nos meses de janeiro (dia 3) e fevereiro (dia 10) aconteceu o mesmo, no entanto não há dados para a estação de Aveiro. Em novembro assinalaram-se igual ocorrência em Viseu e Coimbra (dia 8), contudo na estação de Aveiro, a precipitação máxima diária verificada foi no dia 3.

Nos restantes meses, os dias de ocorrência deste critério foram arbitrários, nas três estações. Em outubro a precipitação máxima diária registada ocorreu no dia 1, em Aveiro, no dia 22 em Viseu e no dia 19, em Coimbra. Já em Março, ocorreu no dia 1, em Coimbra, no dia 31, em Viseu e no dia 2, em Coimbra.

2.2. NÍVEIS HIDROMÉTRICOS E INUNDAÇÕES

Os elevados quantitativos de precipitação entre outubro de 2013 e março de 2014 deram origem a elevados níveis hidrométricos, que quase ultrapassaram os registos históricos (fig.45), nomeadamente a cheia de 1935-1936 (5,40 metros), a de 1968-1969 (5,40 metros), a de 1997-1998 (5,46 metros) e a de 2006-2007 (2006-2007).

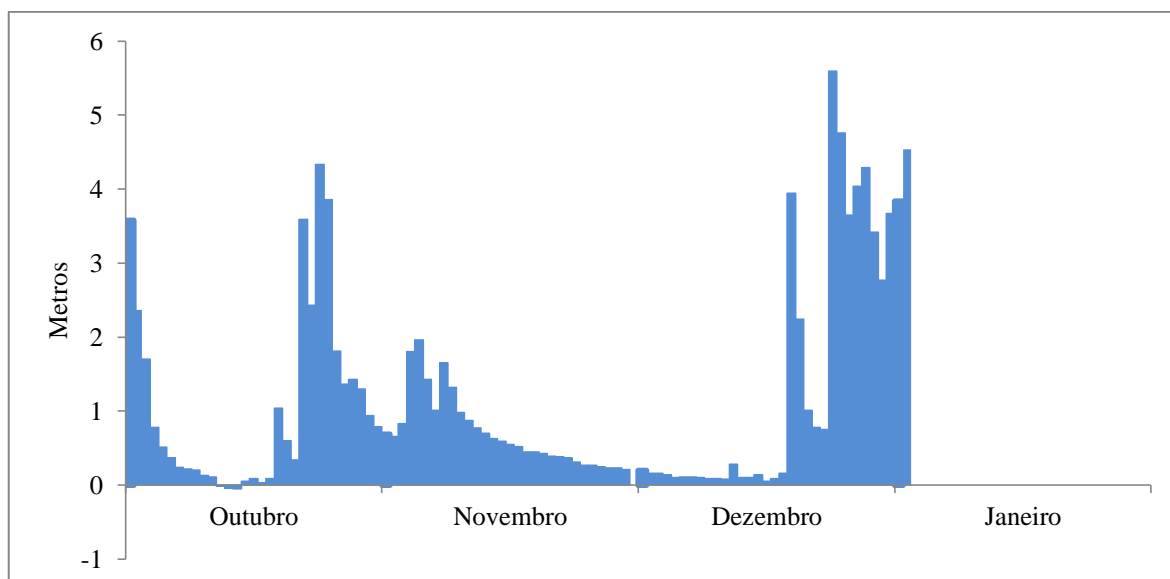


Fig. 45 – Nível hidrométrico médio diário, entre 1 de outubro e 2 de janeiro de 2014, na Ponte de Águeda.

Entre o início do ano hidrológico (1 de outubro) e o dia 2 de janeiro²⁷ registaram-se valores ora muito altos ora muito baixos no que respeita ao nível médio diário, na Ponte de Águeda. Durante este período foram assinalados vários picos de cheia – dois em outubro, quatro em novembro, cinco em dezembro e um em janeiro – o que não significa que tenham ocorrido inundações.

No que toca ao nível hidrométrico médio diário registaram-se quatro dias com valores iguais ou superiores a 3,40 metros²⁸, ou seja, existiram 4 dias inteiros em que a área urbana de Águeda esteve inundada ininterruptamente. Estes dias foram 25 de dezembro (4,12 metros), 27 de dezembro (3,70 metros), 28 de dezembro (3,91 metros) e 2 de janeiro (4,29 metros).

Entre 1 de outubro de 2013 e 2 de janeiro de 2014 existiram 14 dias com inundações. Destes, quatro ocorreram no mês de outubro, oito em dezembro e dois em janeiro.

Como efeito imediato das primeiras chuvadas de outono, começou a observar-se no rio Águeda, sobretudo na Ponte de Águeda, a presença de detritos florestais, nomeadamente árvores, mas também de uma tonalidade mais preta nas suas águas. Uma vez que se encontrava em obras de recuperação/requalificação, e tinha uma estrutura

²⁷ A estação hidrométrica de Ponte de Águeda deixou de funcionar nesta data.

²⁸ 3,40 metros é o limiar mínimo para a ocorrência de inundações (ver parte II).

metálica para a execução destes trabalhos desde a sua base, a Ponte de Águeda, tornou-se um obstáculo ainda maior ao escoamento (fot. 10).



Fot. 10 – Pormenor da Ponte de Águeda com os andaimes e os detritos (2 de outubro de 2013).

No dia 2 de outubro, o rio Águeda encontrava-se num nível hidrométrico considerado normal (2,37 metros), mas no dia anterior, como já foi afirmado, houve uma inundação, em que o nível máximo diário atingiu os 3,58 metros. Durante o dia 2 de outubro procedeu-se   remoção dos resíduos atulhados no rio  gueda, com recurso a maquinaria (fot.11).



Fot. 11 – Resíduos retirados do rio  gueda, com recurso a maquinaria (2 de outubro de 2013).

Depois, são de salientar o dia 24 de outubro, em que foram atingidos 4,33 metros de máxima altura hidrométrica, e sobretudo os dias 24 e 25 de dezembro e 2 de janeiro, em que foram atingidos, respetivamente, 5,59 metros, 4,76 metros, e 4,54 metros. Uma vez que, nas três estações analisadas, foi a 25 de dezembro que se verificou, a precipitação máxima diária para esse mês (Quadro IX), não é de admirar que nos dias seguintes e, até ao final do período em análise, se tenham continuado a verificar níveis caraterísticos de inundação, embora com alturas inferiores às do dia 24.

No dia 24 de dezembro registou-se, assim, em Ponte de Águeda, o quarto nível hidrométrico diário mais elevado desde que há registos (5,59 metros) depois de 6,62 metros em 26 de janeiro de 2001, 5,83 metros em 2 de janeiro de 2003 e 5,75 metros em 5 de fevereiro de 1937. A comprovar esta situação temos a informação do Jornal Soberania do Povo (edição de 31 de dezembro de 2013), na qual o atual presidente da Câmara Municipal de Águeda, Gil Nadais, afirma que esta foi “uma das maiores cheias de sempre, em Águeda” (<http://www.soberaniadopovo.pt/portal/index.php?news=23695> – consultado a 2 de agosto de 2014).

Depois, no dia 3 de janeiro de 2014, a comunicação social difundia que a inundação em Águeda estaria a ser mais intensa e problemática do que a da noite de natal (fig. 43). No entanto e, apesar, de não existirem dados hidrométricos para esse dia, foi neste que se verificou o valor mais elevado de precipitação máxima diária do mês de janeiro (Quadro IX), tanto em Aveiro como em Viseu. É possível que, já com níveis bastante elevados em termos hidrométricos e, como resposta a uma precipitação mais intensa (67,7 mm em Viseu e 42,2 mm em Coimbra), o rio Águeda tenha chegado ainda mais perto do recorde máximo histórico, de 2001.



Fig. 46 – Cenário em Águeda, no dia 3 de janeiro de 2014

(http://rr.sapo.pt/informacao_detalhe.aspx?fid=25&did=134536 – consultado a 2 de agosto de 2014)

Ao longo das margens, com a descida no nível das águas, era possível visualizar a presença de detritos que ficaram agarrados e que muito provavelmente seriam cinzas (fot. 12 e 13).



Fot. 12 – Pormenor de uma das margens com cinzas provenientes dos incêndios da Serra do Caramulo.



Fot. 13 – Cinzas e materiais abandonados após a inundação da rua Bério Marques, na margem esquerda do rio Águeda.

A Quercus – Associação Nacional de Conservação da Natureza – alertava, logo no início do ano hidrológico de 2013-2014, para o “aumento do risco de erosão após a precipitação elevada ocorrida” nesse outono, com “o arrastamento das cinzas e do solo para as linhas de água, provocando assoreamento e degradação da qualidade das águas nas áreas afetadas pelos grandes incêndios florestais”. (<http://www.quercus.pt/comunicados/2013/setembro/3133-primeiras-chuvas-de-outono-provocam-erosao-e-contaminacao-das-aguas-apos-os-incendios-florestais> - consultado a 1 de agosto de 2014). Apresenta imagens reveladoras de erosão (fot. 14 e 15), referindo-se ao rio Agadão, afetado pela ocorrência de Guardão, como já tivemos oportunidade de constatar.



Fot. 14 – Lixiviação de cinzas nas margens do rio Agadão.

Fonte: Quercus



Fot. 15 – Água negra proveniente do rio Agadão.

2.3. A EROSÃO APÓS INCÊNDIOS FLORESTAIS COMO AGRAVANTE DE SITUAÇÕES DE CHEIA/INUNDAÇÃO

Para avaliar se facto a erosão após incêndios florestais é, de facto, potenciadora de inundações mais violentas e destrutivas optou-se por fazer dois exercícios:

- a) O primeiro, foi procurar anos hidrológicos, entre 1931-1932 e 2008-2009, com valores de precipitação mensal dos meses de outubro e dezembro ²⁹, semelhantes aos verificados durante o ano hidrológico de 2013-2014 e, depois

²⁹ Optou-se por não incluir o mês de novembro, uma vez que se caracterizou por quantitativos de precipitação muito abaixo dos valores normais.

verificar, em cada um dos casos, qual foi a resposta hidrométrica do rio Águeda.

- b) O segundo, foi exatamente no sentido inverso, isto é, a partir do registo hidrométrico diário de 5,40 metros, ultrapassado durante o ano hidrológico de 2013-2014, procurar registos semelhantes entre 1931-1932 e 2008-2009 e verificar a quantidade de precipitação que lhes esteve associada.

2.3.1. COMPARAÇÃO ENTRE PRECIPITAÇÃO OCORRIDA EM 2013-2014 E REGISTOS SEMELHANTES EM ANOS HIDROLÓGICOS ANTERIORES

Para esta análise comparativa optou-se pelas estações de Oliveira do Bairro porque para o mesmo período de tempo, apresenta valores próximos dos registos nas estações de Coimbra e Aveiro (622,1 mm e 657,7 mm, respetivamente) e, por Campia, por se aproximar mais dos valores observados em Viseu (1169,9 mm).³⁰

2.3.1.1. ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE OLIVEIRA DO BAIRRO

Pela posição geográfica em que se encontram e, na ausência de registos udométricos para Oliveira do Bairro, decidiu-se fazer uma analogia com a estação de Coimbra, uma vez que os valores de precipitação em ambas são semelhantes.

Foi tornado suposto que em outubro caíram 145,5mm de precipitação e em dezembro 165,5mm, aos quais foram aplicadas margem mínimas e máximas de 15mm, como forma de encontrar anos hidrológicos com precipitações mensais semelhantes. Assim, para o mês de outubro ficou estabelecido que as precipitações similares a procurar se deveriam situar entre 130,5mm e 150,5mm. Para dezembro esta classe ficou delimitada entre 149,5mm e 175,5mm.

Os resultados obtidos encontram-se nos Quadros X (mês de outubro) e XI (mês de dezembro):

³⁰ Escolheram-se os meses de outubro a dezembro, porque é quando se começam a manifestar os efeitos erosivos subsequentes a um incêndio florestal - nos 4 a 6 meses seguintes (Bento-Gonçalves *et al*, 2013).

Quadro X – Precipitações mensais do mês de outubro (1931-1932 a 2008-2009) semelhantes à verificada em 2013, em Oliveira do Bairro.

Ano hidrológico	Precipitação (mm)
1948 - 1949	135
1956 - 1957	146,6
1961 - 1962	138
1977 - 1978	137,5
1984 - 1985	137
2006 - 2007	141,7

Foi analisada a precipitação mensal do mês de outubro de 77 anos hidrológicos, dos quais, apenas 6 foram semelhantes ao de 2013: 1948, 1956, 1961, 1977, 1984 e 2006.

Nos dois primeiros, isto é, 1948 e 1956 a precipitação anual foi mais baixa que o normal, sendo por isso, caracterizados como anos secos, do ponto de vista hidrológico. Em contrapartida, nos restantes anos, a precipitação anual foi a superior à média, mas apenas ligeiramente, pelo que a resposta hidrométrica do rio Águeda não foi significativa, isto é, não se comportou como em 2013, uma vez que em 1948 não ocorreram inundações, dado que o nível hidrométrico médio diário mais alto registado foi de 2,60 metros (dia 28). Por sua vez, e em 1956 registou-se apenas uma inundação (fevereiro), uma vez que o nível hidrométrico máximo em outubro foi de 1,55 metros (dia 15).

De igual forma, o ano hidrológico de 1984-1985, também foi considerado normal do ponto de vista udométrico e hidrológico. Dos 13 dias de inundação ocorridos, nenhum deles foi em outubro, pois a máxima altura hidrométrica média diária de 3,39 metros (dia 20).

O ano de 1961-1962 foi normal em termos de quantitativos de precipitação anual, no entanto e, apesar de se terem registado 16 dias com inundações, nenhum destes ocorreu em outubro, dado que o nível hidrométrico diário mais elevado atingido neste mês ocorreu no dia 29 (2,29 metros).

O ano de 1977-1978 foi chuvoso, no entanto o mês de outubro foi considerado normal (137,5mm). Dos 26 dias do ano com inundações, um deles foi no dia 9 de outubro (3,75 metros – o máximo nível hidrométrico médio diário). De facto, entre 6 e 9 de outubro observaram-se quatro dias seguidos de precipitação (dia 6: 13,6mm; dia 7: 1 mm; dia 8:

3,2mm; e dia 9: 49,4mm³¹), cuja soma é de 67,2 mm. Quando comparados estes valores com Campia a soma dos 4 dias é de 160 mm (dia 6: 30,7mm; dia 7: 4,7mm; dia 8: 3,2mm; e dia 9: 88,1 mm).

O caso de 2006-2007 afigura-se como exceção à regra. Em termos de precipitação foi normal, no entanto ocorreram 13 dias de inundações, sendo que dois deles foram em outubro (dia 23 – com 3,60 metros - e dia 25 – 4,16 metros). Foi um mês em que apenas não choveu em 8 dias, sendo por ventura os níveis hidrométricos atingidos causados pela precipitação acumulada ao longo do mês, mas também devido aos incêndios florestais da Serra do Caramulo, em 2005, naquele que foi o ano com a terceira maior área ardida (fig. 40).

Para o mês de dezembro encontramos 3 anos com precipitações mensais semelhantes a 2013 (1950, 2005 e 2006) (Quadro XI). A precipitação caída durante este mês foi de 164,5mm, pelo que o intervalo para procura de semelhanças se situa entre 149,5 mm e 175,5mm.

Quadro XI – Precipitações mensais do mês de dezembro (1931-1932 a 2008-2009) semelhantes à verificada em 2013, em Oliveira do Bairro.

Ano hidrológico	Precipitação (mm)
1950 - 1951	166
2005 - 2006	167,3
2006 - 2007	163,1

O ano hidrológico de 1950-1951 foi chuvoso (precipitação anual igual 1260,4mm), tendo-se registado 10 dias com inundações (nenhum do mês de dezembro). Neste a altura hidrométrica média diária máxima mensal foi 2,62 metros (dia 23).

O ano de 2005-2006 foi normal, em termos hidrológicos e apenas registou uma inundações (a 24 de março). No mês de dezembro a altura média diária foi de 3,30 metros (dia 2).

E, tal como para o mês de outubro, para 2006-2007, apesar dos quantitativos de precipitação serem normais, 6 dos 13 dias com inundações ocorreram em dezembro, em que se atingiu a altura máxima mensal (e também anual) de 4,70 metros (dia 8).

³¹ No dia 9 de outubro registou-se a precipitação máxima diária anual do ano hidrológico de 1977-1978, em Oliveira do Bairro.

2.3.1.2. ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE CAMPPIA

À semelhança de Oliveira do Bairro e, mais uma vez, devido à falha dos registos udométricos, tomou-se como referência a precipitação ocorrida na estação de Viseu, também para outubro (280,3 mm) e dezembro (276,6 mm), a cujos valores também se aplicaram as margens mínima e máxima de 15 mm. Assim, para outubro, procuraram-se precipitações anuais que oscilassem entre 265,3mm e 295,3mm, enquanto que, para dezembro, esse intervalo esteve compreendido entre 261,6mm e 291,6mm.

Para outubro apenas se encontraram 2 anos com pareências a 2013: 1984 e 2002 (Quadro XII).

Quadro XII – Precipitações mensais do mês de outubro (1931-1932 a 2008-2009) semelhante à verificada em 2013, em Campia.

Ano hidrológico	Precipitação (mm)
1984 - 1985	283
2002 - 2003	283,1

Foram anos chuvosos e com um número significativo de dias com inundação (13 em 1984-1985 e 14 em 2002-2003), mas nenhuma destas se verificou no mês de outubro, que se registou níveis hidrométricos médios mensais muito baixos (0,80 metros em 1984-1985 e 0,58 metros em 2002-2003) e em que os máximos foram de 3,39 (1984-1985) e 2,27 (2002-2003).

Para dezembro, na estação de Campia, foram 5 os anos análogos a 2013 (1943, 1944, 1979, 1987 e 2006), sendo que todos, com exceção de 1987, apresentaram inundações em dezembro (Quadro XIII).

Quadro XIII – Precipitações mensais do mês de dezembro (1931-1932 a 2008-2009) semelhante à verificada em 2014, em Campia.

Ano hidrológico	Precipitação (mm)
1943 - 1944	291,4
1944 - 1945	290,4
1979 - 1980	282,7
1987 - 1988	274,8
2006 - 2007	264,1

O ano hidrológico de 1943-1944 foi seco (1 343,6mm), tendo-se registado quatro dias com inundações, dos quais metade aconteceu no mês de dezembro (dia 21, com 3,69

metros – máximo hidrométrico médio diário - e dia 22, com 3,61 metros), tendo constituído inundações de baixa magnitude, que se ficaram a dever a um período de 9 dias ininterruptos de precipitação, dos quais 6 tiveram precipitação acima de 10 mm, cuja soma foi de 179,8 mm. Tal significa que em apenas 9 dias choveu quase tanto como durante todo o mês.

O ano hidrológico seguinte (1944-1945) também foi seco (1168,4mm). No entanto, registou um dia de inundação, precisamente em dezembro (dia 12, com 3,82 metros). Mais uma vez, e como reflexo de uma atividade pluviosa mais intensa e prolongada - 6 dias consecutivos (220,9 mm) – em que, exatamente no dia 12 se verificou a precipitação máxima diária desse mesmo ano (116,7 mm), situação que poderá ter desencadeado esta resposta hidrológica do rio Águeda.

Por sua vez, o ano de 1979-1980 foi normal do ponto de vista udométrico (1668,9 mm). Em termos hidrológicos, registaram-se 3 dias em que o nível médio diário foi superior a 3,40 metros, sendo que um deles sucedeu em dezembro (dia 24, com 4,07 metros) e, tal como o anterior, em resposta à precipitação máxima diária desse mesmo ano hidrológico (97 mm, no dia 24 de dezembro).

O ano hidrológico de 1987-1988 foi chuvoso (2051,1 mm), tendo registado 21 dias com inundações, mas nenhuma ocorreu em dezembro, uma vez que o nível hidrométrico médio máximo diário (no dia 10) se ficou por 3,36 metros.

À semelhança do que aconteceu na estação meteorológica de Oliveira do Bairro, em 2006-2007, também em Campia se verificaram valores análogos de precipitação para o mês de dezembro, tendo-se registado 14 dias com inundações, dos quais 6 ocorreram neste mês (de 4 a 9). No dia 8 de dezembro atingiu-se mesmo aquele que viria a ser o nível hidrométrico mais alto registado durante 2006-2007 (4,70 metros). Mais uma vez poderemos estabelecer relação com os incêndios da Serra do Caramulo, durante o ano de 2005, que terão facilitado o escoamento superficial ao longo das vertentes da precipitação abundante e, por vezes intensa, uma vez que no dia 8 se registou a precipitação máxima diária desse mesmo ano hidrológico (104 mm), e nos 6 dias anteriores já se tinham verificado valores altos no que toca à precipitação diária.

2.3.2.COMPARAÇÃO DOS REGISTOS HIDROMÉTRICOS VERIFICADOS EM 2013-2014 E COM REGISTOS SEMELHANTES EM ANOS HIDROLÓGICOS ANTERIORES

O nível hidrométrico máximo diário de 5,59 metros, atingido a 24 de dezembro de 2013 foi o quarto mais alto desde que a estação hidrométrica de Ponte de Águeda iniciou a sua atividade.

Como tal, procedeu-se à pesquisa de altura semelhantes do rio Águeda, isto é, aos três registos superiores mas também aos três registos imediatamente inferiores, situando-se por isso num intervalo compreendido entre 5,40 e 6,62 metros (Quadro XIV). Decidimos também introduzir a precipitação acumulada³², para as estações de Oliveira do Bairro e Campia, até à data de ocorrência das alturas máximas dos anos hidrológicos em análise. Pela falta de dados udométricos disponíveis, para estas estações, mais uma vez optámos pela comparação com Coimbra e Viseu, em que choeram, entre 1 de outubro e 31 de dezembro de 2013, respetivamente, 326 e 573,3 mm.

Como esta confrontação pretende-se perceber se semelhantes níveis hidrométricos foram gerados por situações udométricas idênticas.

Quadro XIV– Registos hidrométricos, na estação de Ponte de Águeda, entre 1934-1935 e 2011-2012, semelhantes ao máximo registado em 2013.

Ano hidrológico	Altura Máxima		Precipitação Acumulada (mm) ³³	
	Metros	Data	Coimbra (Oliveira do Bairro)	Viseu (Campia)
2000 - 2001	6,62	26-jan	942	2034,8
2002 - 2003	5,83	2-jan	746,8	1026,2
1936 - 1937	5,75	5-fev	549	1051,1
2006 - 2007	5,47	8-dez	563,1	935
1997 - 1998	5,46	13-nov	310,4	310,4
1935 - 1936	5,40	21-dez	395,6	821,5
1968 - 1969	5,40	17-dez	491,9	746,3

Verifica-se uma relação direta entre precipitação acumulada e altura máxima, isto é, quanto maior for a primeira, maior será a segunda.

³²Esta precipitação acumulada refere-se ao período compreendido entre o início do respetivo ano hidrológico (1 de outubro) e dia em que se verificou a altura máxima hidrométrica em análise.

³³ Refere-se à precipitação acumulada até á data de ocorrência da altura máxima de determinado ano hidrológico.

A única exceção foi o ano hidrológico de 1997-1998, em que apenas 310,4 mm originaram uma ponte de cheia de 5,46 metros, no dia 13 de novembro. Muito provavelmente, esta situação deveu-se à ocorrência de 12 dias seguidos de precipitação, entre dia 2 e dia 13 de novembro (187 mm), dos quais 8 de precipitação acima de 10mm diários (Quadro XV).

Quadro XV – Precipitação acumulada durante as sequências pluviosas que deram origem aos máximos hidrométricos expressos no quadro XIV.

Ano Hidrológico	Coimbra (Oliveira do Bairro)				Viseu (Campia)			
	Precipitação acumulada (mm)	Número de Dias	Máxima precipitação diária		Precipitação acumulada (mm)	Número de Dias	Máxima Precipitação Diária	
			Data	mm			Data	mm
2000 - 2001	80,1	5	26-jan	27,3	167,4	5	24-jan	68,8
2002 - 2003	54,4	4	2-jan	30,9	83,8	4	2-jan	35,1
1936 - 1937	319,2	17	4-fev	53,2	657,6	21	24-jan	101
2006 - 2007	14,1,2	7	8-dez	46,6	242,3	7	8-dez	104
1997 - 1998	186,2	12	13-nov	34,3	186,2	12	13-nov	34,3
1935 - 1936	96,6	6	21-dez	32,8	249,2	5	21-dez	152
1968 - 1969	116,5	5	16-dez	37,3	201,3	5	16-dez	88

No entanto, para o ano hidrológico de 2013-2014 apenas conseguimos, a partir do Instituto Português do Mar e da Atmosfera, dados mensais de precipitação (disponibilizados gratuitamente). Caso tivéssemos conseguido dados diários, ou até mesmo horários, poderíamos ter calculado a precipitação acumulada de todas as sequências chuvosas, deste ano hidrológico que estiveram na origem dos níveis hidrométricos mais elevados.

Uma vez que a altura hidrométrica do dia 24 de dezembro de 2013 foi produzida por uma precipitação acumulada de 326 mm em Coimbra (Oliveira do Bairro) e de 573,3 mm em Viseu (Campia)³⁴, e que níveis hidrométricos semelhantes foram provocados por precipitações muito superiores, facilmente se pode concluir que os incêndios florestais poderão intensificar as pontas de cheias, causando graves inundações a jusante de áreas queimadas.

³⁴ Estes valores referem-se ao período compreendido entre 1 de outubro e 31 de dezembro de 2013.

CONCLUSÃO

Cheias e inundações são dois conceitos diferentes, mas confundido na maior parte das situações. Enquanto o primeiro diz respeito à dinâmica hidrológica de um determinado curso de água, o segundo é mais vasto e refere-se à possibilidade de a água se extravasar para locais que habitualmente não se encontram submersos, afetando as pessoas, a sua saúde e os seus bens. No entanto, as cheias/inundações não podem ser entendidas, exclusivamente, como um risco hidrológico, uma vez que dependem em muito de fatores meteorológicos e climáticos, nomeadamente da precipitação, sendo, por isso, o mais correto, serem consideradas como um risco iminente climático.

A bacia hidrográfica do rio Águeda apresenta características físicas propícias à ocorrência de cheias, mas também de inundações. O facto de nascer na serra do Caramulo, uma área constituída por xistos e granitos – rochas mais impermeáveis -, mas também com grandes declives, facilita o escoamento em direção às linhas de água, aumentando assim o caudal dos rios e ribeiras a jusante. Ao mesmo tempo, e apesar de não possuir fisionomia morfométrica de propensão a cheias, o rio Águeda apresenta grande dificuldade de resposta hidrométrica a grandes quantitativos de precipitações, quer seja, a nível diário, mensal ou mesmo anual.

Chegámos à conclusão que os anos hidrológicos em que mais choveu foram também aqueles que registaram as alturas hidrométricas igualmente mais elevadas, sendo de destacar os anos de 2001, em que se registou a cheia centenária do rio Águeda, a 26 de Janeiro. Estes registos hidrométricos mais elevados são, na sua maioria registados na sequência da precipitação máxima diária mais elevada desse ano hidrológico.

No entanto, as pontas de cheia também são afetadas pela impermeabilização de áreas aluvionares, em que o solo está coberto por materiais que inibem a infiltração das águas das chuvas, facilitando mais uma vez o escoamento superficial em direção às linhas de água.

Constatamos que a maior parte da área da bacia hidrográfica do rio Águeda é composta por florestas (70%), o que a torna num espaço vulnerável a incêndios florestais. No verão de 2013, ocorreram três grandes incêndios florestais na Serra do Caramulo, que dizimaram mais de 9 mil hectares de florestais. No inverno seguinte, verificou-se a erosão das áreas queimadas, com conseqüente deposição de materiais a jusante, o que facilitou a

ocorrência de cheias e/ou inundações históricas, nomeadamente na área urbana de Águeda. Ao mesmo tempo e, uma vez que acompanhamos todo o processo durante o desenrolar desta dissertação verificámos que o nível hidrométrico mais alto atingido durante este inverno foi de 4,59 metros, a 24 de dezembro. Apesar de ter sido a quarta altura mais alta do rio Águeda, desde que há registo (1934), foi propiciada por quantitativos de precipitação muito menores do que aqueles que potenciaram os três registos mais elevados e os três registos imediatamente mais baixos.

Ao fazermos o exercício inverso, ou seja, verificar se semelhantes valores de precipitação originaram semelhantes níveis hidrométricos também concluimos que em anos hidrológicos anteriores, precipitações idênticas geraram alturas hidrométricas mais baixas, sendo que algumas nem ultrapassaram o limiar mínimo para a ocorrência de inundação na área urbana de Águeda (3,40 metros).

Em suma, podemos concluir que as cheias e inundações do rio Águeda, e mais concretamente da área urbana de Águeda, advêm de três problemas: precipitações intensas, para as quais o rio Águeda não tem capacidade de resposta hidrométrica pelos problemas de escoamento que possui, ocupação antrópica das planícies aluviais e incêndios florestais, que potenciam a erosão.

BIBLIOGRAFIA

- BENTO-GONÇALVES, A., VIEIRA, A., LOURENÇO, L., SALGADO, J., CASTRO, A., FERREIRA-LEITE, F., ARAÚJO, B., NUNES, A. (2013). “*Medidas de emergência para proteção do solo após incêndios florestais. Resultados preliminares de algumas experiências na serra do Gerês*”. In Cadernos de Geografia. Nº32. Coimbra: IEG-FLUC. pp 145-155.
- BRANDÃO, C. (2001). *Análise de Fenómenos Extremos e Precipitações Intensas em Portugal Continental*. Lisboa: INAG – Direcção dos Serviços de Recursos Hídricos. 57 pp.
- BRANDÃO, C. & HIPÓLITO, J. N. (1997). “*Curvas de possibilidade Udométrica (IDF) para Aveiro, Lisboa, Évora e Faro*”. In Recursos Hídricos. Nº1. Volume 18. Lisboa: Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos. pp. 45-52.
- BRANDÃO, C. & HIPÓLITO, J. N. (1998). “*Análise da Precipitação para o Estudo das Cheias em Portugal*”. In Revista da Associação Portuguesa de Recursos Hídricos. Lisboa.
- CÂMARA MUNICIPAL DE ÁGUEDA (2011). *Canal Secundário do Rio Águeda “By-Pass” em Águeda*. Estudo de Impacte Ambiental (resumo não técnico) executada por Wise Engeneering & Querovento. 32 pp.
- CARMO, J. S. A. (1996). “*As cheias: fenómenos naturais e causas de ocorrências excepcionais*”. In Cadernos de Geografia. Nº15. IEG:FLUC. pp. 85-99.
- COSTA, F. (2013). “*O tema das cheias e inundações na obra de Fernando Rebelo. Contributo de um geógrafo para a teoria dos riscos*”. In Riscos Naturais, Antrópicos e Mistos - Homenagem ao Professor Doutor Fernando Rebelo. Coimbra: Departamento de Geografia da Universidade de Coimbra. pp-81-87.
- COSTA, F. (2009). “*O risco de inundação na cidade de Amarante (Norte de Portugal): contributo metodológico para o seu estudo*”. In Territorium. Nº16. Coimbra: Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança. pp. 99-111.
- CUNHA, L., LEAL, C., TAVARES, A. & SANTOS, P. (2012). “*Risco de inundação no município de Torres Novas (Portugal)*”. In Revista GEONORTE. Nº4. Pp.961-973.
- FERREIRA, A. L. M. (2010). *Caracterização Morfométrica das Bacias Hidrográficas e Áreas Inundáveis no Concelho de Pombal*. Dissertação de Mestrado em Dinâmicas Sociais, Riscos Naturais e Tecnológicos apresentada à Faculdade de Letras e à Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra. Coimbra. 156 pp.

- FERREIRA, C. (1997). “*Erosão hídrica em solos florestais*”. In Revista da Faculdade de Letras – Geografia I. Volume XII/XIII. Porto. pp 145-244.
- FERREIRA-LEITE, F., BENTO-GONÇALVES, A., LOURENÇO, L., ÚBEDA, X., VIEIRA, A. (2013). “*Mega-incêndios em Portugal Continental (?) – o caso do incêndio de Picões (Bragança)*”. In Bento-Gonçalves, A. & Vieira, A. (coord.). *Grandes incêndios florestais, degradação e medidas de recuperação dos solos*. Núcleo de Investigação em Geografia e Planeamento da Universidade do Minho. pp. 19 – 36.
- FRAGOSO, M. (2004). *O Contexto Atmosférico dos Episódios de Precipitação Intensa no Sul de Portugal*. Lisboa: Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa.
- GANHO, N. (2010). “*Precipitação em Coimbra (Portugal): regimes médios e prováveis como instrumento fundamental de análise de riscos hidrogeomorfológicos e aplicação ao ordenamento urbano*”. In *Cadernos de Geografia*. Nº28/29. Coimbra: IEG-FLUC. pp.21-32.
- GIRÃO, A. (1922). *Bacia do Vouga: Estudo Geográfico*. Dissertação de Doutoramento em Ciências Geográficas apresentada à Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra. Coimbra.
- GUEDES, M. (2006). *Contribuição para a avaliação, previsão e prevenção do regime de cheias na Bacia do Vouga*. Dissertação de Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais apresentada à Universidade de Aveiro. Aveiro. 184pp.
- INSTITUTO DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA E FLORESTAS (2013). *Relatório dos Grandes Incêndios Florestais na Serra da Caramulo*. Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território. Lisboa. 28 pp.
- INSTITUTO PORTUGUÊS DO MAR E DA ATMOSFERA (2013). *Boletim Climatológico Mensal (mês de novembro)*. Lisboa. 14pp.
- INSTITUTO PORTUGUÊS DO MAR E DA ATMOSFERA (2013a). *Boletim Climatológico Mensal (outubro)*. Lisboa. 9pp.
- INSTITUTO PORTUGUÊS DO MAR E DA ATMOSFERA (2013b). *Boletim Climatológico Mensal (dezembro)*.
- INSTITUTO PORTUGUÊS DO MAR E DA ATMOSFERA (2013c). *Boletim Climatológico Sazonal (outono)*. Lisboa. 3 pp.
- INSTITUTO PORTUGUÊS DO MAR E DA ATMOSFERA (2014). *Boletim Climatológico Anual de 2013*. Lisboa. 4 pp.

- INSTITUTO PORTUGUÊS DO MAR E DA ATMOSFERA (2014a). *Boletim Climatológico Mensal (janeiro)*. Lisboa. 10 pp.
- INSTITUTO PORTUGUÊS DO MAR E DA ATMOSFERA (2014b). *Boletim Climatológico Sazonal (inverno 2013-2014)*. Lisboa. 4pp.
- INSTITUTO PORTUGUÊS DO MAR E DA ATMOSFERA (2014c). *Boletim Climatológico Mensal (dezembro de 2013)*. Lisboa. 10 pp.
- INSTITUTO PORTUGUÊS DO MAR E DA ATMOSFERA (2014d). *Boletim Climatológico Mensal (fevereiro)*. Lisboa. 10 pp.
- INSTITUTO PORTUGUÊS DO MAR E DA ATMOSFERA (2014e). *Boletim Climatológico Mensal (março)*. Lisboa. 8 pp.
- JHA, A. K., BLOCH, R., & LAMOND, J. (2012). *Cidades e Inundações. Um guia para a Gestão Integrada do Risco de Inundação Urbana para o Século XXI*. Washington D.C.: The World Bank. 54 pp.
- LENCASTRE, A., & FRANCO, F. M. (1984) – *Lições de Hidrologia*. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa. 451 pp.
- LIMA, M. I. P., MARQUES, A. & LIMA, J. L. M. P. (2005). “*Análise de tendência da precipitação anual e mensal no período 1900-2000, em Portugal Continental*”. In Territorium. Nº12. Coimbra: Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança. pp.11-18.
- LIMA, M. I. P. (2012). *Inundações urbanas: desafios ao ordenamento do território. O caso da Cidade da Praia (Cabo Verde)*. Dissertação de Mestrado em Geografia Física e Ordenamento do Território apresentada ao Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa. 139 pp.
- LOURENÇO, L. (1988). *Caderno de Trabalhos Práticos de Geografia Física (1ª parte)*. Coimbra: Gabinete de Publicações da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra. 266 pp.
- LOURENÇO, L. (1989). “*O Rio Alva: Estudo Hidroclimático*”. In Cadernos de Geografia. Nº 8. Coimbra: IEG-FLUC. pp . 55-125.
- LOURENÇO, L. (2004). *Risco de Erosão após Incêndios Florestais*. Coimbra: Núcleo de Investigação Científica de Incêndios Florestais. 199 pp.

- LOURO, S. & LOURENÇO, L. (2005). “*O comportamento hidrológico do rio Mondego perante valores de precipitação intensa, em Coimbra*”. in Territorium. Nº 12. Coimbra: Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança. pp. 19-27.
- MADEIRA, C. (2005). “*Cheias e inundações do rio Tejo em Abrantes*”. In Territorium. Nº12. Coimbra: Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança. pp. 55-67.
- MAIA, R. & RIBEIRO, A. A. (1998). “*As cheias e a gestão de bacias hidrográficas*”. In Livro de Actas do IV Congresso da Água. Lisboa: Associação Portuguesa de Recursos Hídricos. 11pp.
- MARQUES, J. A. S., AMADO MENDES, P. & SANTOS, F. J. S. (2005) – “*Cheias em Áreas Urbanas: a zona de intervenção do Programa Polis em Coimbra*”. In Territorium. Nº12. Coimbra: Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança. pp. 29-53.
- PAIVA, I. M. R. (2005). *Risco de inundação em Coimbra. Factores Físicos e Acção antrópica*. Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra. Coimbra. 206 pp.
- PARDÉ, M. (1968). *Fleuves et rivières*. 5ª edição. Paris: Armand Colin. 241 pp.
- PEDROSA, A. S. & PEREIRA, A (2006). “*Diagnóstico dos factores condicionantes da susceptibilidade face ao risco de inundação urbana no concelho de Matosinhos*”. In Territorium. Nº 13. Coimbra: Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança. pp. 35-51.
- PIMENTA, A. L. T. M. (2011). *Cidade à Margem. Reaproximar Águeda ao rio*. Dissertação de Mestrado Integrado em Arquitectura apresentado à Faculdade de Ciência e Tecnologias da Universidade de Coimbra. 197 pp.
- PORTELA, M. M., SILVA, A. T., MELIM, C. P. (2000). “*O efeito da ocupação urbana nos caudais de ponta de cheias naturais em pequenas bacias hidrográficas*”. Comunicação apresentada no 5º Congresso da Água. Lisboa: Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos. 16 pp.
- RAMOS, C. & REIS, E. (2001). “*As cheias no sul de Portugal em diferentes tipos de bacias hidrográficas*”. In Finisterra. Volume XXXVI. Nº71. Lisboa: CEGUL. pp. 61-82.
- REBELO, F. (2008). “*Um novo olhar sobre os riscos? Exemplos de cheias rápidas (flash floods) em domínio mediterrâneo*”. In Territorium. Nº15. Coimbra: Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança. pp. 7-15.

- REBELO, F. (2010). *Geografia Física e Riscos Naturais*. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra. 215 pp.
- RODRIGUES, C. M. C. C. (2009). *Risco de Inundação. Área das Termas de São Pedro do Sul (1960-2001)*. Dissertação de Mestrado em Geografia Física, Ambiente e Ordenamento do Território apresentada à Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra. Coimbra. 164 pp.
- RODRIGUES, R., BRANDÃO, C., & PINTO DA COSTA, J. (2006). *Hidrologia das cheias do Mondego de 26 e 27 de Janeiro de 2001*. Lisboa: Instituto da Água – Direcção dos Serviços de Recursos Hídricos. 13 pp.
- RODRIGUES, R., BRANDÃO, C., PINTO DA COSTA, J., SARAMAGO, M. & ALMEIDA, M. N. (2007). “Breve Caracterização das cheias do outono de 2006”. Relatório realizado para a 2ª Jornada do Roteiro para a Ciência da Presidência da República dedicado às Tecnologias Limpas. 14 pp.
- SANTOS, M. S. M. (2009). *Precipitações extremas na área de Arcos de Valdevez: Análise estatística e contrastes espaciais*. Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Letras da Universidade do Porto. Porto. 166 pp.
- SANTOS, P. M. P. (2009). *Cartografia de Áreas Inundáveis a partir do Método de Reconstituição Hidrogeomorfológica e do Método Hidrológico-Hidráulico. Estudo Comparativo na Bacia Hidrográfica do Rio Arunca*. Dissertação em Geociências (Área de Ambiente e Ordenamento do Território) apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra. Coimbra. 163 pp.
- SARAIVA, M. G., CORREIA, F. N. & CARMO, V. (1998). “Avaliação ex-post de medidas não estruturais de defesa contra cheias na bacia hidrográfica da ribeira de Lage”. In Livro de Actas do IV Congresso da Águeda. Lisboa: Associação Portuguesa de Recursos Hídricos. 23 pp.
- SEABRA, F., MARQUES, J., SIMÕES, N. & MENDES, P. (2013). “Modelação numérica de cheias fluviais e urbanas na bacia do Mondego”. In Riscos Naturais, Antrópicos e Mistos - Homenagem ao Professor Doutor Fernando Rebelo. Coimbra: Departamento de Geografia da Universidade de Coimbra. pp. 463-479.
- SILVA, D. S. (2005). “Risco de cheia: vias para a sua mitigação”. Comunicação apresentada na conferência “Territórios de risco: análise, avaliação e vias de mitigação” (dezembro de 2003). Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil. 24 pp.

SILVA, P. A. S. (2011). *Cheias e inundações no território da cidade de Ovar: áreas susceptíveis, estudos de caso e ordenamento do território*. Dissertação de Mestrado em Riscos, Cidades e Ordenamento do Território apresentada à Faculdade de Letras da Universidade do Porto. Porto. 110 pp.

TAVARES, A. , ANDRADE, A. & SANTOS, P. (2010). “*Avaliação das áreas inundáveis a partir de registos históricos e paleohidrogeomorfológicos. Aplicação ao ordenamento do município de Soure*”. In Revista Electrónica de Ciências da Terra. Volume 9. Nº4. 4 pp.

REFERÊNCIAS ONLINE

Associação Nacional de Conservação da Natureza (QUERCUS) – (<http://www.querqus.pt>)

Câmara Municipal de Águeda (<http://www.cm-agueada.pt>)

Instituto de Conservação da Natureza e Florestas (<http://www.icnf.pt>)

Instituto Português do Mar e da Atmosfera (<http://www.ipma.pt>)

Jornal Soberania do Povo (<http://www.soberaniadopovo.pt>)

Jornal Região de Águeda (<http://www.regiaodeagueada.com>)

Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (<http://www.snirh.pt>)

FONTES ESTATÍSTICAS E CARTOGRÁFICAS

Anuários dos Serviços Hidráulicos (De 1927 a 1941). Lisboa: Ministério das Obras Públicas e Comunicações.

Carta Militar de Portugal, escala 1/25 000 – folhas 175, 176, 177, 185, 186, 187, 188, 196, 197, 198, 207, 208, 209, 218, 219 e 220.

Carta Geológica de Portugal, escala 1/500 000 – Folha Norte.

Carta de Ocupação e Uso do Solo (1990).

Corine Land Cover 2006.

Normais Climatológicas de Portugal (1931-1960)

RevCedoua – Revista do Centro de Estudos de Direito do Ordenamento, do Urbanismo e do Ambiente. Nº2. Coimbra (2007).

I Recenseamento Geral da População (1864). Lisboa: INE.

II Recenseamento Geral da População (1878). Parte I e Parte II. Lisboa: INE.

III Recenseamento Geral da População (1890). Volume I. Lisboa: INE.

IV Recenseamento Geral da População (1900). Lisboa: INE.

V Recenseamento Geral da População (1911). Lisboa: INE.

VI Recenseamento Geral da População (1920). Lisboa: INE.

VII Recenseamento Geral da População (1930). Lisboa: INE.

VIII Recenseamento Geral da População (1940). Lisboa: INE.

IX Recenseamento Geral da População (1950). Lisboa: INE.

X Recenseamento Geral da População (1960). Lisboa: INE.

XI Recenseamento Geral da População e I Recenseamento Geral da Habitação (1970). Lisboa: INE.

XII Recenseamento Geral da População e II Recenseamento Geral da Habitação (1981). Lisboa: INE.

XIII Recenseamento Geral da População e III Recenseamento Geral da Habitação (1991). Lisboa: INE.

XIV Recenseamento Geral da População e IV Recenseamento Geral da Habitação (2001). Lisboa: INE.

XV Recenseamento Geral da População e V Recenseamento Geral da Habitação (2011). Lisboa: INE.

DIPLOMAS E DOCUMENTOS LEGAIS

DECRETO-LEI n° 486/71 de 5 de Novembro.

DECRETO-LEI n° 382/83 de 5 de Julho.

DECRETO-LEI n° 364/98 de 21 de Novembro.

DECRETO-LEI n° 58/2005 de 29 de Dezembro, que aprova a Lei da Água, transpondo para a ordem jurídica nacional a Directiva n°2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro, e estabelecendo as bases e o quadro institucional para a gestão sustentável das águas.

DECRETO-LEI n° 115/2010 de 22 de Outubro.

DECRETO-LEI n° 166/2008 de 22 de Agosto.

DECRETO REGULAMENTAR n.º 15/2000, de 14 de Março

DIRECTIVA 2000/60/CE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 23 de Outubro de 2000, que estabelece um quadro de acção comunitária no domínio da política da água.

DIRETIVA 2007/60/CE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 23 de Outubro de 2007, relativa à avaliação e gestão dos riscos de inundação.

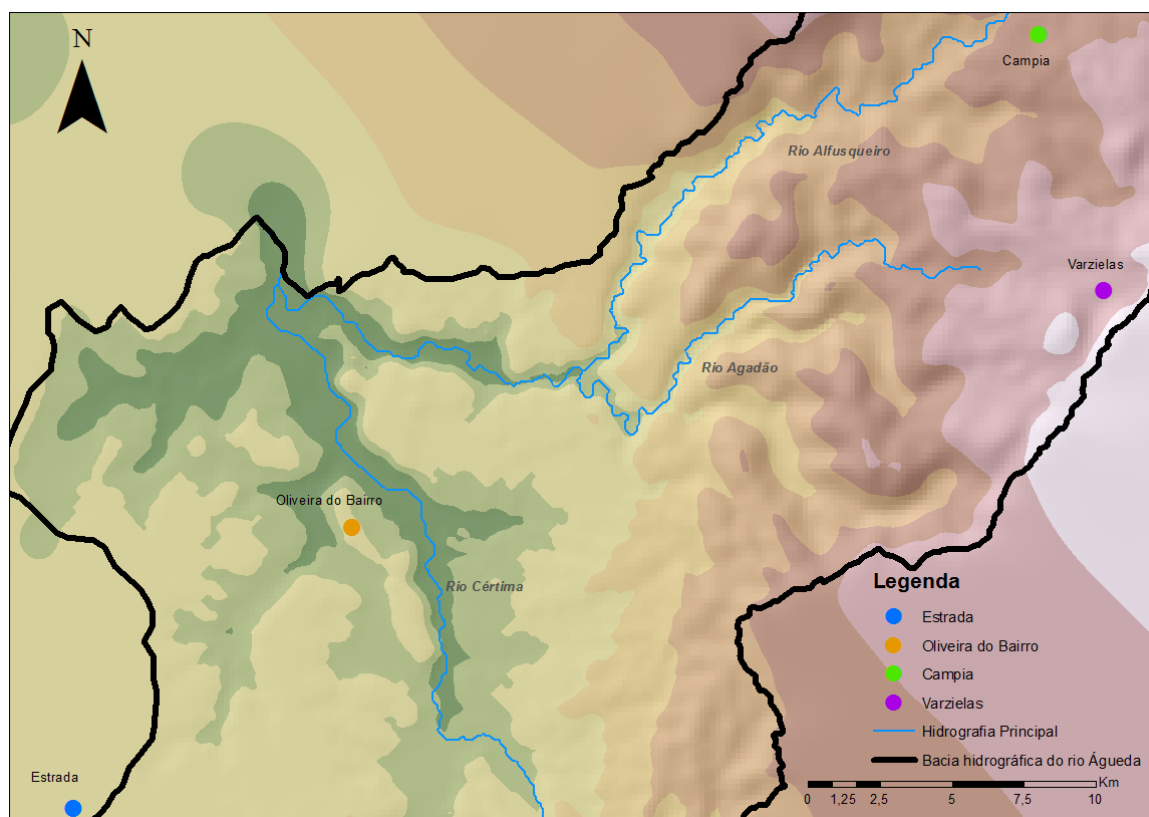
PLANO DE GESTÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS VOUGA, MONDEGO E LIS (Região IV). Relatório Ambiental de Agosto de 2012.

PLANO DIRETOR MUNICIPAL DE ÁGUEDA (resumo não técnico). Revisão de Fevereiro de 2007.

PLANO DIRETOR MUNICIPAL DE ÁGUEDA (regulamento). Revisão de Maio de 2010.

ANEXOS

Anexo I – Localização das estações meteorológicas estudadas (Campia, Estrada, Oliveira do Bairro e Varzielas).



Anexo II – Características das estações meteorológicas estudadas Campia, Estrada, Oliveira do Bairro e Varzielas.

Designação	Localização	Alt. (m)	Freguesia	Tipo	Parâmetros
Campia (09H/01UG)	40°674'N 8°217' W	448	Campia (Vouzela)	Udográfica e udométrica (automática – a partir de 17/6/2003)	Precipitação anual: 1/10/1931 a 1/10/2008 Precipitação diária: 1/9/1931 a 18/12/2009 Precipitação diária máxima anual: 1/9/1931 a 1/11/2009 Precipitação mensal: 1/9/1931 a 1/11/2009 Precipitação horária: 17/6/2003 a 18/12/2009
Estrada (11F/02UG)	40°465'N 8°641'W	45	Santa Catarina (Vagos)	Udográfica e udométrica (automática – a partir de 30/10/2001)	Precipitação anual: 1/10/1980 a 1/10/2005 Precipitação diária: 9/7/1980 a 21/5/2010 Precipitação diária máxima anual: 2/4/1981 a 2/12/2005 Precipitação mensal: 1/8/1980 a 1/2/2009 Precipitação horária: 30/10/2001 a 21/5/2010
Oliveira do Bairro (10G/01UG)	40°52'N 8°499'W	65	Oliveira do Bairro	Udográfica e udométrica (automática – a partir de 11/01/2005)	Precipitação anual: 1/10/1931 a 1/10/2007 Precipitação diária: 1/9/1931 a 5/1/2010 Precipitação diária máxima anual: 9/9/1931 a 20/11/2007 Precipitação mensal: 1/9/1931 a 1/12/2009 Precipitação horária: 11/1/2005 a 5/1/2010
Varzielas (10H/02G)	40°586'N 8°188'W	735	Varzielas (Oliveira de Frades)	Udográfica	Precipitação anual: 1/10/2001 a 1/10/2007 Precipitação diária: 2/6/1998 a 24/10/2014 (?) Precipitação diária máxima anual: 3/1/2002 a 8/4/2008 Precipitação mensal: 1/8/1998 a 1/12/2013 Precipitação horária: 5/5/1998 a 24/10/2014 (?)

ANEXO III – Características da estação hidrométrica de Ponte de Águeda e respetiva curva de vazão.

Designação	Alt. (m)	Cota zero (m)	Área drenada	Freguesia	Parâmetros
Ponte de Águeda (10G/02H)	12	4,75	404,28 Km ²	Recardães (Águeda)	<p>Nível hidrométrico instantâneo: 13/1/1997 a 2/1/2014</p> <p>Nível médio diário: 1/9/1934 a 30/9/1990</p> <p>Nível instantâneo máximo anual: 11/12/1934 a 20/12/1989</p> <p>Caudal instantâneo máximo anual: 21/12/1935 a 20/12/1989</p> <p>Caudal médio diário: 11/6/1935 a 30/9/1990</p> <p>Escoamento mensal: 1/7/1935 a 1/9/1990</p>

Curva de vazão da estação hidrométrica da Ponte de Águeda.

(adaptado de www.snirh.pt)

Curva	Troço	Curva	Critérios de Validade				
			De:	A:	H0	Hmin	Hmax
1	1	$Q = 4,04478 \times (h - -0,0483)^{1,97674}$	11-06-1935	30-09-1990	-0,0483	-0,0483	3,3618
	2	$Q = 56,01499 \times (h - 2,5)^{1,36663}$			2,5	3,3618	4,675
2	1	$Q = 10,065 \times (h - -0,384)^{1,538}$	01-10-2004	-	0,384	-0,384	2,3

ÍNDICE GERAL

INTRODUÇÃO	6
PARTE I – CARATERIZAÇÃO FÍSICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ÁGUEDA.....	13
1. Geologia e Litologia	14
2. Geomorfologia.....	15
3. Climatologia.....	18
3.1. Temperatura.....	18
3.2. Precipitação	20
3.2.1. Variabilidade interanual.....	20
3.2.2. Variabilidade mensal.....	22
3.2.3. Precipitação diária.....	22
3.2.3.1. Número de dias com precipitação.....	22
3.2.3.2. Precipitação máxima diária.....	27
3.2.4. Duração do período pluvioso máximo anual.....	30
4. Hidrografia e Hidrologia.....	33
5. Ocupação e uso do solo.....	36
PARTE II – A DINÂMICA HIDROLÓGICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ÁGUEDA – A MONTANTE DA CONFLUÊNCIA COM O CÉRTIMA	39
1. Escoamento.....	40
2. Alturas hidrométricas características.....	42
2.1. Média anual	42
2.2. Extremos anuais.....	43
2.3. Média mensal.....	44
3. Inundações.....	45
3.1. Frequência	45
3.2. Categorização das inundações.....	47

4. O caso excecional do ano hidrológico de 2000/2001	51
PARTE III – O DES(ORDENAMENTO) DO TERRITÓRIO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ÁGUEDA.....	55
1. Enquadramento legal.....	56
1.1. Nível europeu e nacional	56
1.2. Nível local e regional.....	58
1.2.1. Plano da bacia hidrográfica do rio Vouga	59
2. Áreas inundáveis.....	60
3. Medidas de mitigação e medidas de proteção	64
PARTE IV – AS INUNDAÇÕES COMO CONSEQUÊNCIA DA EROSIÃO APÓS INÊNDIOS FLORESTAIS: O CASO DO ANO HIDROLÓGICO DE 2013/2014	73
1. Histórico de incêndios florestais na bacia hidrográfica do rio Águeda	74
1.1. Os incêndios na Serra do Caramulo – verão de 2013.....	75
2. O outono/inverno de 2013/2014	77
2.1. Precipitação	78
2.1.1. Precipitação mensal.....	78
2.1.2. Precipitação máxima diária.....	81
2.2. Níveis hidrométricos e inundações.....	81
2.3. A erosão após incêndios florestais como agravantes de situações de cheia/inundação	86
2.3.1. Comparação entre precipitação ocorrida em 2013-2014 e registos semelhantes em anos hidrológicos anteriores	87
2.3.1.1. Estação meteorológica de Oliveira do Bairro.....	87
2.3.1.2. Estação meteorológica de Campia.....	90
2.3.2. Comparação entre registos hidrométricos verificados em 2013-2014 com registos semelhantes em anos hidrológicos anteriores	92
CONCLUSÃO	94

BIBLIOGRAFIA	96
ANEXOS.....	104
ÍNDICE DE FIGURAS	111
ÍNDICE DE QUADROS	114
ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS	1145

ÍNDICE DE FIGURAS

1 – Enquadramento geográfico da bacia hidrográfica do rio Águeda.	6
2 – Litologia da bacia hidrográfica do rio Águeda.	14
3 – Hipsometria da bacia hidrográfica do rio Águeda.	16
4 – Declives da bacia hidrográfica do rio Águeda.	17
5 – Gráfico Termopluviométrico da estação de Oliveira do Bairro (1931-1960).	18
6 – Gráfico termopluviométrico da estação do Caramulo (1931-1960).	19
7 – Precipitação anual nas estações meteorológicas de Oliveira do Bairro, Campia, Estrada e Varzielas.	20
8 – Precipitação mensal (entre 1931-1932 e 2008-2009) nas estações de Oliveira do Bairro e de Campia.	22
9 – Número de dias de precipitação, entre 1931-1932 e 2008-2009, nas estações de Oliveira do Bairro e de Campia.	23
10 – Distribuição mensal do número de dias de precipitação, entre 1931-1932 e 2008-2009, nas estações de Oliveira do Bairro e de Campia.	24
11 – Número de dias com precipitação superior a 10 mm, entre 1931-1932 e 2008-2009, nas estações de Oliveira do Bairro e de Campia.	25
12 – Dias com precipitação superior a 25 mm, entre 1931-1932 e 2008-2009, para as estações de Oliveira do Bairro e de Campia.	27
13 – Número de dias com precipitação superior a 50 mm, entre 1931-1932 e 2008-2009, nas estações de Oliveira do Bairro e de Campia.	28
14 – Precipitação máxima diária, entre 1931-1932 e 2008-2009, nas estações de Oliveira do Bairro e de Campia.	29
15 – Duração do período pluvioso anual (em número de dias), entre 1931-1932 e 2008-2009, para as estações de Oliveira do Bairro e de Campia.	30
16 – Precipitação acumulada durante os máximos períodos pluviosos anuais, entre 1931-1932 e 2008-2009, nas estações de Oliveira do Bairro e de Campia.	32
17 – Ocupação e uso do solo da bacia hidrográfica do rio Águeda.	37
18 – Variabilidade anual do escoamento anual, entre 1935-1936 e 1989-1990, na estação hidrométrica de Ponte de Águeda.	40
19 – Variabilidade do escoamento mensal, entre 1935-1936 e 1989-1990, na estação hidrométrica de Ponte de Águeda.	41

20 – Variabilidade da altura hidrométrica média anual, entre 1934-1935 e 2011-2012, na estação hidrométrica da Ponte de Águeda.	42
21 – Nível hidrométrico mínimo e máximo anual, entre 1934-1935 e 2011-2012, na Ponte de Águeda.	43
22 – Nível hidrométrico instantâneo máximo anual, entre 1934-1935 e 2011-2012, na Ponte de Águeda.	44
23 – Nível hidrométrico médio mensal, entre 1934-1935 e 2011-2012, na Ponte de Águeda.	45
24 – Frequência anual das inundações, entre 1934-1935 e 2011-2012, na Ponte de Águeda.	46
25 – Frequência mensal das inundações, entre 1934-1935 e 2011-2012, na Ponte de Águeda.	47
26 – Hidrograma no ano hidrológico de 1963-1964, na Ponte de Águeda.....	49
27 – Hidrograma do ano hidrológico de 1976-1977, na Ponte de Águeda.....	49
28 – Hidrograma do ano hidrológico de 2002-2003, na Ponte de Águeda.....	50
29 – Precipitação mensal do ano hidrológico de 2000-2001.	52
30 – Nível hidrométrico máximo diário, no ano hidrológico de 2000-2001, na Ponte de Águeda.	53
31 – Nível médio mensal do rio Águeda, no ano hidrológico de 2000-2001, na Ponte de Águeda.	54
32 – Área de inundação, segundo a Câmara Municipal de Águeda..	61
33 – Evolução do número de habitantes em freguesias com áreas sujeitas a inundações, entre 1864 e 2011, no concelho de Águeda.	62
34 – Evolução do número de edifícios por em freguesias com áreas sujeitas a inundações entre 1864 e 2011, no concelho de Águeda.	63
35 – Medidas estruturais de mitigação de cheias/inundações (adaptado).....	64
36 – Medidas não estruturais de mitigação de cheias/inundações (adaptado).....	65
37 – Estrutura do açude insuflável do rio Águeda.	71
38 – Projeto do novo canal, do tipo “ by-pass”, no rio Águeda.....	72
39 – Projeto do parque ribeirinho da cidade de Águeda.	72
40 – Áreas ardidas, em hectares, entre 1990 e 2013, na bacia hidrográfica do rio Águeda, segundo o ICNF.	74

41 – Áreas ardidadas na sub-bacia hidrográfica do rio Águeda (segundo o ICNF), entre 1990 e 2013.....	75
42 – Área ardidada nos incêndios da Serra do Caramulo, no Verão de 2013 (segundo o ICNF).....	76
43 – Comparação entre a precipitação mensal ocorrida entre outubro de 2013 e março de 2014 e verificado no mesmo período, entre 1971 e 2000 (estação meteorológica de Viseu).	78
44 - Comparação entre a precipitação mensal ocorrida entre outubro de 2013 e março de 2014 e verificado no mesmo período, entre 1971 e 2000 (estação meteorológica de Coimbra).....	79
45 – Nível hidrométrico médio diário, entre 1 de outubro e 2 de janeiro de 2014, na Ponte de Águeda.	82
46 – Cenário em Águeda, no dia 3 de janeiro de 2014.....	84

ÍNDICE DE QUADROS

I – Parâmetros para a aferição de algumas características morfométricas da bacia hidrográfica do rio Águeda.....	33
II- Morfometria da bacia hidrográfica do rio Águeda.....	33
III - Categorização das inundações, segundo o nível médio diário, entre 1934-1935 e 2011-2012, na área urbana de Águeda.....	47
IV - Inundações com mais de 5 metros, segundo o nível médio diário, entre 1934-1935, na área urbana de Águeda.....	48
V - Precipitação mensal acumulada do ano hidrológico de 2000-2001.....	51
VI - Resumo da área ardida nos incêndios florestais da Serra do Caramulo, no verão de 2013.....	76
VII - Distribuição do uso do solo da área ardida pelos incêndios da Serra do Caramulo, no verão de 2013.....	77
VIII - Precipitação entre os meses de outubro e março, no período em estudo (2013-2014) e respetiva comparação com as normais climatológicas (1971-2000) desses meses.....	79
IX – Precipitação máxima diária entre outubro de 2013 e março de 2014, nas estações meteorológicas de Aveiro, Viseu e Coimbra.....	81
X - Precipitações mensais do mês de outubro (1931-1932 a 2008-2009) semelhantes à verificada em 2013, em Oliveira do Bairro.....	88
XI - Precipitações mensais do mês de dezembro (1931-1932 a 2008-2009) semelhantes à verificada em 2013, em Oliveira do Bairro.....	89
XII - Precipitações mensais do mês de outubro (1931-1932 a 2008-2009) semelhantes à verificada em 2013, em Campia.....	90
XIII - Precipitações mensais do mês de dezembro (1931-1932 a 2008-2009) semelhantes à verificada em 2013, em Campia.....	90
XIV – Registos hidrométricos, na estação de Ponte de Águeda, entre 1934-1935 e 2011-2012, semelhantes ao máximo registado em 2013.....	92
XV - Precipitação acumulada durante as sequências pluviosas que deram origem aos máximos hidrométricos expressos no quadro XIV.....	93

ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS

1 – Avaliação do limiar mínimo para a ocorrência de inundações.	10
2 – Limite máximo da cheia e inundação de 26 de Dezembro de 1995, gravadas na Ponte de Águeda.	50
3 – Marca da cheia (e inundação) da cheia de 2001 (cheia máxima conhecida).	51
4 – Área urbana de Águeda: pressão sobre áreas sujeitas a inundações.	63
5 – Um exemplo de <i>wet flooding</i>	66
6 – Vista do muro construída como medida de proteção contra inundações na baixa de Águeda.	67
7 – Painel informativo do investimento efetuado no âmbito do QREN, no que respeita à requalificação da margem norte do rio Águeda.	69
8 – Painel informativo do investimento efetuado no âmbito do QREN, no que respeita à construção do açude insuflável.	69
9 – Açude insuflável no rio Águeda.	70
10 – Pormenor da Ponte de Águeda com os andaimes e os detritos (2 de outubro de 2013).	83
11 – Resíduos retirados do rio Águeda, com recurso a maquinaria (2 de outubro de 2013).	83
12 – Pormenor de uma das margens com cinzas provenientes dos incêndios da Serra do Caramulo.	85
13 – Cinzas e materiais abandonados após a inundação da rua Bério Marques, na margem esquerda do rio Águeda.	85
14 – Lixiviação de cinzas nas margens do rio Agadão.	86
15 – Água negra proveniente do rio Agadão.	86