

II JORNADAS TÉCNICAS DA APRH
 ÁGUAS DE ABASTECIMENTO E SANEAMENTO
 EM ZONAS COSTEIRAS TURÍSTICAS
 PLANEAMENTO E GESTÃO DOS SISTEMAS DE ÁGUA
 DE ABASTECIMENTO EM ZONAS CARENCIADAS
 DIMENSIONAMENTO CONJUNTO DOS APROVEITAMENTOS HIDRÁULICOS
 DA BACIA HIDROGRÁFICA DA RIBEIRA DAS VINHAS

José Costa Miranda⁽ⁱ⁾

Álvaro Costa⁽ⁱⁱ⁾

António Eira Leitão⁽ⁱ⁾

Emídio Gil Santos⁽ⁱ⁾

- (i) - Eng^o Civil. Hidrotécnica Portuguesa, Consultores para Estudos e Projectos, Lda.
- (ii) - Director Delegado. Serviços Municipalizados de Água e Saneamento do Concelho de Cascais

RESUMO

Começa-se por uma breve análise da situação actual, tanto em termos de carência de água para abastecimento na época estival como da ocorrência de inundações na zona baixa de Cascais, em virtude da limitada capacidade de transporte do troço final da Ribeira das Vinhas, que se encontra canalizado.

Apresenta-se um esquema de expansão dos órgãos produtores de água dos SMAS do Concelho de Cascais, com base na construção de três pequenas barragens na bacia hidrográfica da referida ribeira-barragens de Pisão, Atrozela e Marmeleiros. O dimensionamento destas três barragens é feito tendo em vista a sua tripla finalidade:

- defesa contra cheias;
- produção de água;
- armazenamento das águas superficiais para utilização nos meses de maior consumo.

Procede-se à caracterização hidrometeorológica das sub-bacias hidrográficas afluentes para diferentes períodos de retorno.

Define-se a metodologia utilizada no cálculo das ondas de cheia geradas na bacia, com recurso ao hidrograma unitário sintético de Clark.

Por fim, são expostos os critérios considerados no dimensionamento conjugado dos aproveitamentos da ribeira das Vinhas e simulada a respectiva influência na modulação das ondas de cheia.

1. Introdução. Situação actual

1.1 - No domínio de abastecimento de água

Os caudais hoje disponíveis para abastecimento do Concelho têm dois tipos de origens: águas captadas no Concelho e provenientes da rede da EPAL. No que diz respeito às primeiras, elas provêm essencialmente da Barragem do Rio Mula e de captações subterrâneas existentes nas zonas interiores do Concelho.

Os caudais fornecidos pela EPAL, são transportados através de dois sistemas de condutas: o sistema alto que abastece a zona mais interior e tem a sua extremidade no reservatório do Cobre à cota 95, e o sistema baixo, cuja directriz segue aproximadamente a da linha de caminho de ferro.

A percentagem de água que é fornecida por cada uma das origens é muito diferente, conforme a época do ano e as respectivas características pluviométricas. Em ano médio pode porém dizer-se que no Inverno grande parte dos caudais provêm das origens próprias do Concelho, modificando-se completamente a situação no Verão, em que a EPAL é a grande e quase única fornecedora de água para abastecimento. Quantificando o que se acaba de afirmar, pode dizer-se que no Inverno gastam-se diariamente cerca de 30 000 m³, dos quais 20 000 a 24 000 m³ são de origem concelhia, e no Verão se gastam cerca de 45 000 m³ atingindo 50 000 m³ nos dias de mais consumo, dos quais 35 000 a 43 000 m³ são fornecidos pela EPAL.

Esta situação de acentuada escassez em origens de água próprias, conjugada com as insuficiências de produção e transporte do sistema EPAL durante o período estival e com o subdimensionamento da capacidade de armazenamento do sistema concelhio, tem dado origem a situações de dificuldade de satisfação da procura de água sobre tudo nos meses de Verão.

Para além das dificuldades de abastecimento verificadas e cujas causas sumariamente se apontaram atrás, a evolução registada nos consumos tem sido bastante acentuada, fazendo prever que os volumes de água necessários para qualquer horizonte de projecto considerado sejam muito superiores aos cerca de 12 milhões de m^3 actualmente consumidos por ano.

1.2 - No domínio das cheias

A bacia hidrográfica total da ribeira das Vinhas tem aproximadamente 27 Km^2 . No seu troço superior ela é constituída pelas ribeiras da Atrozela e do Pisão, que confluem nas proximidades da Quinta do Pisão, dando origem à ribeira chamada dos Marmeleiros, a qual a jusante de Alvide se passa a chamar de ribeira das Vinhas ou das Patinhas. O seu trecho final atravessa a zona central da vila de Cascais, e desagua na Praia do Peixe. Esta ribeira que, até por volta do ano de 1940 corria, neste último troço, a céu aberto entre pomares e algum casario, foi então canalizada desde a Praia do Peixe, junto ao Palácio Seixas, até um pouco a montante do Mercado Municipal.

No princípio dos anos 50 foi realizada a urbanização da Rotunda e construído o Mercado Municipal. O traçado seleccionado para a canalização não coincidiu exactamente com o leito da ribeira, sendo possível ainda hoje observar locais situados abaixo da soleira da canalização.

A canalização existente é nitidamente insuficiente para transportar os caudais da ribeira quando esta se encontra em cheia de baixa probabilidade de ocorrência ($Q > 23 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$), facto que se tem comprovado amiudadamente.

A notícia da ocorrência de cheias excepcionais na bacia hidrográfica da ribeira das Vinhas não é um acontecimento recente. Existem referências que, por volta de 1935, houve uma cheia de envergadura que atingiu uma fábrica de conserva de sardinhas, que havia onde hoje é o Jardim Visonde da Luz, donde foi necessário salvar várias pessoas de barco.

As cheias de Novembro de 1967 atingiram duramente a zona da ribeira das Vinhas, deixando um grande número de pessoas desalojadas, mas

no entanto, a canalização e o volume de armazenamento existente na zona anexa ao mercado foram suficientes para comportar a cheia verificada (nesta altura os níveis da água junto ao mercado atingiram um valor próximo da cota 7).

Já as cheias de Novembro de 1983 provocaram a inundação generalizada da zona baixa de Cascais, onde deram origem a estragos a prejuízos avultados. Embora não se conhecendo com rigor as cotas atingidas nesta última cheia na zona baixa de Cascais, admite-se que se tenham atingido as seguintes cotas (CEHIDRO 1984):

- Topo da boca da canalização.....	9,8
- Mercado Municipal.....	9,7
- Arco da Av. Costa Pinto e Correios.....	9,6
- Largo das Grutas.....	6,5
- Av. Marginal, cruzamento com a Av. Valbom, Travessa da Alforrobeira e Lota.....	5,8
- Repartição de Finanças	5,6
- Câmara Municipal.....	5,5

Para se ter ideia do que isto representa faz-se uma descrição breve da topografia da zona atingida por esta cheia:

- Aproximadamente à cota 5,2 a canalização entrou em carga e o Mercado Municipal começou a ser inundado;
- próximo da cota 5,7 o quarteirão vizinho começou a ser inundado;
- à cota 7,5 a inundação atingiu a Av. Costa Pinto e começou a descarregar para a zona baixa existente junto à Estação dos Correios anexa à marginal;
- aproximadamente à cota 8,1 começou a dar-se escoamento através do arco da Av. Costa Pinto para Av. 25 de Abril; este escoamento propagou-se ao longo da marginal e foi preencher as zonas baixas da Rua Visconde da Luz, Largo Luis de Camões e Av. Valbom; próximo da cota 9,0 já se verificaram rebentamentos de montras e iniciou-se o escoamento junto às escadas dos

próximo da cota 9,0 já se verificaram rebentamentos de montras e iniciou-se o escoamento junto às escadas dos

próximo da cota 9,0 já se verificaram rebentamentos de montras e iniciou-se o escoamento junto às escadas dos

Correios;

- com o escoamento generalizado em toda a zona baixa de Cascais deu-se o galgamento do paredão na Praia do Peixe e atingiram-se as cotas máximas atrás referidas.

1.3 - Soluções dilineadas

Para ultrapassar a situação descrita nos domínios do abastecimento e controlo de cheias os Serviços Municipalizados de Água e Saneamento do Concelho de Cascais promoveram a elaboração de um inventário e caracterização dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos na área do Concelho e de um plano geral das novas origens de água para o abastecimento de Cascais (HP 1985), o que é objecto de uma outra comunicação apresentada a estas Jornadas.

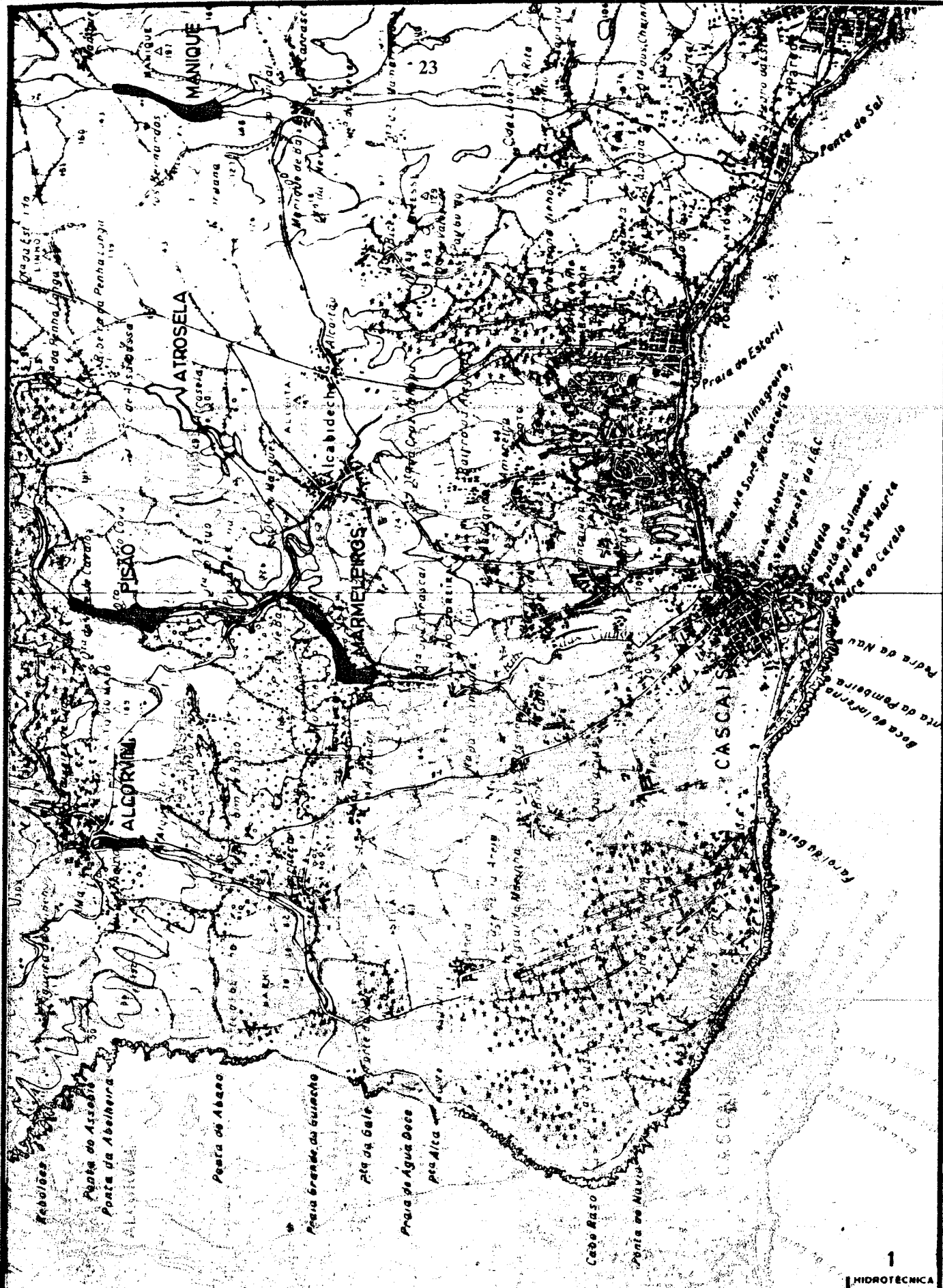
Naquele estudo previu-se a criação de cinco novos aproveitamentos de águas superficiais, três dos quais - Atrozela, Pisão e Marmeleiros - a construir na bacia hidrográfica da ribeira das Vinhas, cuja localização se indica no Desenho 1 e cujas características principais são enunciadas na citada comunicação.

Os caudais afluentes em ano médio e as capacidades de armazenamento previstas para os três referidos aproveitamentos hidráulicos são os seguintes:

Aproveitamento	Caudais afluentes em ano médio (10^3 m^3)	Volume total de armazenamento (10^3 m^3)
Atrozela	2200	2030
Pisão	1025	1240
Marmeleiros	1455	1110

A hipótese de construção dos três aproveitamentos numa mesma bacia, prespectivou a possibilidade de compatibilizar as finalidades inicialmente previstas para aqueles aproveitamentos - produção e armazenamento de água para abastecimento urbano - com o amortecimento de cheias.

De facto duas soluções alternativas, simples ou conjugadas, são possíveis para obviar à ocorrência das cheias atrás caracterizadas e que se traduzem em:



23

Escala 1:50 000	Projecto			
	Desenho			
	Viagem			

Date	Des.	Proj.	Designação	Ref.
			Alterações	/

LOCALIZAÇÃO DOS APROVEITAMENTOS

1
HIDROTÉCNICA
HP
PORTUGUESA

Substituído por

- modulação da onda de cheia da ribeira das Vinhas através da construção de barragens de regularização dos caudais de cheia;
- execução de um novo canal que permitisse escoar o caudal de cheia correspondente ao período de retorno considerado mais conveniente.

É óbvio que a adopção de uma ou outra solução tem vantagens e inconvenientes, parecendo no entanto que a diferença entre os custos associados a cada uma das situações é bastante grande. Após as cheias de Novembro de 1967 foram efectuados estudos pela DGRAH (Coba 1970 e Coba 1975) com vista a solucionar o problema da inundação da zona anexa ao troço inferior da ribeira das Vinhas. Nestes estudos foi claramente demonstrado que a solução economicamente preferível era constituída pela execução de duas barragens: uma delas unicamente de regularização de caudais, que no estudo em causa se previa construir junto a Alvide, e outra de regularização e produção de água para consumo urbano, a construir na Atr_ozela.

Esta solução de regularização dos caudais de cheia que tinha o inconveniente de dar origem a uma albufeira muito perto da vila (a de Alvide) e de inundar terrenos que, pela sua localização dentro do tecido urbano, deveriam constituir zona a preservar foi considerada preferível face às dificuldades que a abertura de um túnel com as dimensões necessárias poderia acarretar. Dado o protelamento que a realização destas obras sofreu parece já não ser económica e socialmente viável a execução da barragem de Alvide no local considerado, pois na área da albufeira foram entretanto executadas infraestruturas e construções de certo vulto.

2. Régime de precipitação

As fortes intensidades de precipitação registadas em fenómenos meteorológicos que originam escoamentos com características de cheias repentinas e que têm ocorrido com certa frequência na região de Lisboa, obrigam a encarar com bastante cuidado os valores de precipitação horária a considerar no dimensionamento das albufeiras em análise. Estes cuidados devem ser acrescidos na medida em que

as bacias hidrográficas dominadas por aquelas albufeiras são relativamente pequenas, os períodos de retorno a considerar são bastante superiores aos períodos para que existem dados e as áreas a jusante estão densamente ocupadas.

Na análise de funcionamento do conjunto das albufeiras previstas e da albufeira do rio da Mula, já existente, foram consideradas três hipóteses de precipitação:

- precipitação máxima provável (PMP)
- precipitação máxima com um período de retorno de 100 anos
- precipitação máxima com um período de retorno de 50 anos

Na ribeira da Penha Longa, a montante do local previsto para o aproveitamento da Atrozela, existe o açude da "Lagoa Azul". Na simulação que se efectuou esta estrutura não foi tomada em consideração uma vez que, pela sua pequena dimensão, não tem uma interferência significativa na formação ou propagação da onda de cheia. Os valores de precipitação considerados foram (INMG 1984):

Duração (horas)	1	2	3	6	12
PMP (mm)	106	133	152	264	291
100 anos (mm)	60	76	86	108	121
50 anos (mm)	54	68	77	96	107

Na determinação destes valores tiveram-se em consideração as precipitações máximas ocorridas em 1967 e 1983, as quais influenciaram de forma significativa os resultados obtidos.

Em virtude das barragens se localizarem em cascata e a montante de Cascais (zona densamente urbanizada), considerou-se prudente que os órgãos de segurança da barragem (descarregadores) e albufeiras fossem dimensionados para a cheia correspondente à precipitação máxima provável para a região.

A utilização deste critério deve-se a dois factores:

- a análise estatística clássica de uma amostra de dimensão relativamente pequena, quando extrapolada para o período de retorno considerável, conduz a resultados que merecem pouca confiança;
- por outro lado, mesmo que tal não se verificasse, é difícil

estabelecer o período de retorno sócio-economicamente aconselhável para o dimensionamento das obras; tanto mais que o modelo probabilístico que se utiliza não está de acordo com o fenómeno físico que se pretende descrever, pois dá origem a valores de precipitação não limitados.

Assim, admitiu-se ser mais correcta a utilização da PMP, que é um critério desligado de significado estatístico mas que integra os dados meteorológicos existentes. Além disso, tendo em consideração o processo físico que conduz à ocorrência de chuvas, baseia-se na precipitação máxima que, sob o ponto de vista físico, é razoável ocorrer num dado local, ao sobrepôr a contribuição das situações meteorológicas mais desfavoráveis verificadas.

Um problema a resolver é o da distribuição da precipitação no tempo, uma vez que o tempo de concentração da bacia total é de cerca de 3 horas o que implica hidrogramas unitários, nela e nas sub-bacias, para valores da ordem do quarto de hora.

As precipitações calculadas pelo INMG já possuem uma certa distribuição temporal, embora com intervalos de tempo que não são os utilizáveis para a dimensão das bacias a analisar. No entanto, uma vez que se conhece a distribuição atrás referida, foi possível a partir dela deduzir a distribuição de que se necessita. Para tanto utilizou-se a metodologia de Huff 1967, que precisamente estuda a distribuição temporal da precipitação para chuvadas intensas.

Uma análise dos valores da precipitação para um tempo de concentração igual a 3 horas, indica claramente que se está na presença de uma chuvada do primeiro quartil, segundo a terminologia utilizada por Huff.

Dentro do primeiro quartil temos possibilidade de identificar a curva de probabilidade da distribuição, uma vez que se conhecem os valores da precipitação para 3 e 1 horas, o que conduziu à curva de probabilidade de 60%.

A distribuição atrás referida e de acordo com Huff, representa-se na Figura 1.

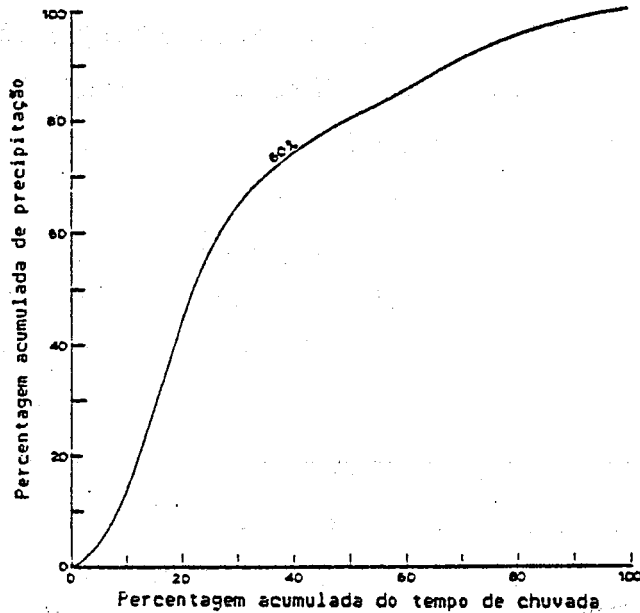


Fig. 1 - Distribuição no tempo das chuvas no 12 quartil

Deste modo, obteve-se a distribuição para qualquer intervalo de tempo até 3 horas, tempo de concentração da bacia total. Para durações duplas, triplas e quádruplas do tempo de concentração, que é necessário ter em consideração para calcular os volumes de escoamento críticos em relação ao armazenamento, começou-se por analisar o gráfico da PMP acumulada (Figura 2), onde se verifica facilmente que houve dois períodos intensos de precipitação - as primeiras e as segundas três horas - e que depois disso a precipitação tem intensidades decrescentes.

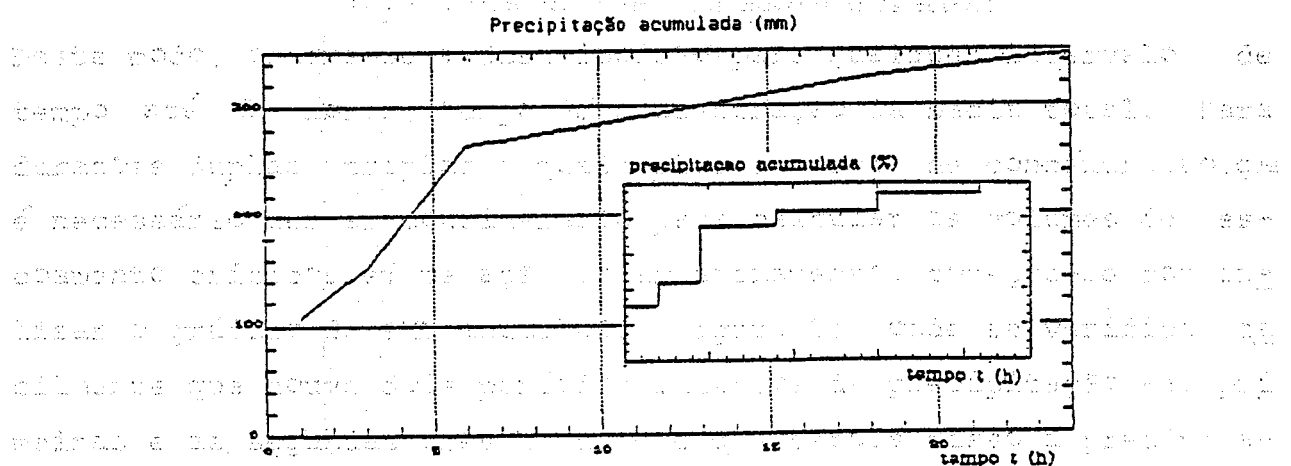


Fig. 2 - Histograma da precipitação acumulada

Para os períodos de três horas entre as três e as doze horas, utilizou-se novamente a curva da distribuição com a probabilidade de 60% anteriormente encontrada para efectuar a repartição.

3. Metodologia utilizada para o ²⁸ cálculo das cheias

3.1 - Formulação do Problema

A bacia hidrográfica da ribeira das Vinhas, à entrada do troço canalizado sob a parte baixa de Cascais, tem área reduzida possuindo por consequência um tempo de concentração curto. Assim, originam-se cheias "instantâneas" com consequências desastrosas, uma vez que na zona onde se localiza ocorrem precipitações intensas. Não sendo possível implementar medidas não estruturais que mitiguem de forma relevante os efeitos das cheias, sobretudo porque se verifica uma forte implantação urbana na zona de jusante da bacia, a alternativa que resta é, através de medidas estruturais, modular ou derivar os caudais de cheia de modo a não provocarem prejuízos à comunidade.

A evacuação dos caudais de cheia, sem modificação do hidrograma natural, conduz a valores que tornam as obras capazes de os conter excessivamente caras. Portanto, mesmo se por hipótese a solução escolhida fosse predominantemente baseada na derivação dos caudais de cheia, estes deveriam ser modulados para valores inferiores aos naturais.

A modulação anteriormente referida teria de ser efectuada à custa de volumes de armazenamento criados em albufeiras. Assim, sendo necessário em qualquer hipótese construir barragens, um caminho aliante que se apresenta é criar o volume de armazenamento necessário para a modulação do caudal ser de modo a permitir a sua evacuação pelas estruturas actualmente existentes, pelo menos para períodos de retorno com razoável amplitude (da ordem dos 100 anos). A utilização de albufeiras apresenta ainda a vantagem de se poderem utilizar cumulativamente como origens de água para abastecimento urbano ou como reservatórios para os caudais aduzidos do exterior do concelho de Cascais.

As características da bacia hidrográfica e a sua taxa de ocupação levam a que não seja possível obter a modulação pretendida do caudal de cheia apenas com uma barragem, por não ser possível criar o volume de armazenamento necessário. O problema transforma-se assim, sob o ponto de vista hidrológico, na determinação dos hidro-

gramas de cheia afluentes às albufeiras, provenientes de áreas não dominadas e da sua propagação nestas e entre si.

Para proceder a este tipo de análise torna-se essencial conhecer o hidrograma de cheia complementamente e não apenas o seu valor máximo.

Uma vez que não se conhecem valores simultâneos da precipitação e do caudal na bacia hidrográfica em causa, o processo adequado para obter os hidrogramas de cheia, é a utilização de um hidrograma unitário sintético. A utilização deste hidrograma numa bacia com 27 km^2 tem plena justificação; se se tiver em atenção que, na realidade, ele é aplicado a sub-bacias de menor dimensão, melhores são as condições para a sua utilização.

Por outro lado, os tempos de concentração necessariamente curtos que se vão utilizar resultarão na existência de intensidades de precipitação variáveis ao longo do tempo, com efeitos marcados na forma da onda de cheia. Aliás, a utilização do hidrograma unitário, como método de obter o hidrograma de cheia, torna possível considerar uma distribuição não uniforme da intensidade de precipitação ao longo do tempo sem complicações suplementares.

A propagação das ondas de cheia nas albufeiras, desde que sejam conhecidos os níveis das albufeiras no seu início, a lei do volume armazenado na albufeira em função da cota da superfície livre e a lei de vazão dos órgãos de segurança, não oferece dificuldades de maior.

Assim, nos troços de curta extensão e pequena capacidade de armazenamento (Pisão-Marmeleiros e Atrozela-Marmeleiros) a propagação é razoavelmente representada por um atraso, sem consideração de amortecimento, que existe na realidade mas é pouco significativo. No troço a jusante de Marmeleiros, com diferentes características, a propagação foi calculada através de um método simplificado, tipo Muskingam.

3.2 - Hidrograma unitário sintético de Clark

Dos hidrogramas unitários sintéticos disponíveis aquele que se baseia mais de perto na realidade física do processo é o de Clark, pelo que se optou por uma variante numérica deste método para obter

os hidrogramas unitários necessários no caso em estudo.

Clark (1945) afirma que o hidrograma unitário instantâneo numa bacia hidrográfica se pode obter pela propagação do diagrama área-tempo de escoamento, obtido da carta de isolinhas de tempo de escoamento da bacia, através dum reservatório linear.

O caudal efluente do reservatório linear é o hidrograma unitário instantâneo, resultante duma precipitação útil unitária instantânea (impulso unitário); se esta precipitação útil unitária instantânea se transformar numa precipitação útil unitária num dado intervalo de tempo t_r (pulso unitário), obtém-se o hidrograma unitário para a duração escolhida t_r .

O diagrama área-tempo de escoamento da bacia representa o hidrograma instantâneo para uma precipitação instantânea, na ausência de armazenamento na bacia hidrográfica. A propagação no reservatório linear destina-se a introduzir o efeito do armazenamento na bacia. O tempo de base do diagrama área-tempo de escoamento corresponde ao tempo de concentração da bacia hidrográfica T_c .

Num reservatório linear o armazenamento S relaciona-se com o caudal efluente Q pela seguinte expressão:

$$S = Kq$$

em que K é a constante característica do reservatório linear. Considerando que a afluência ao reservatório linear é o diagrama área-tempo de escoamento representado por I , a efluência Q'_t calcula-se usando a fórmula de convolução

$$Q'_t = \sum_{\tau=1}^t I_{t-\tau} \delta_{\tau} + 1 \quad \tau = 1, \dots, t$$

onde δ_{τ} é o Kernel discreto do reservatório linear para um pulso unitário que se obteve pela expressão

$$\delta_{\tau} = \exp(-\tau/K') \exp(1/K') - 1 \quad \tau = 1, \dots, t$$

em que $K' = K/t_r$

A utilização deste processo obriga a que a precipitação seja discretizada por períodos t_r em que a intensidade se considera uniforme. Por outro lado, o intervalo de tempo escolhido t_r deve ser um

submúltiplo do tempo de concentração T_c , isto é $T_c = n t_r$.

A precipitação útil obtém-se da precipitação verificada através dum coeficiente de escoamento, o que corresponde a uma distribuição proporcional da infiltração. Embora esta hipótese se afaste da realidade física, normalmente conduz a resultados razoáveis para os casos extremos que são considerados.

3.3 - Cálculo dos parâmetros característicos da bacia hidrográfica

O tempo de concentração em horas de uma bacia hidrográfica, T_c , é usualmente determinado pela fórmula de Giandotti

$$T_c = \frac{4 \sqrt{A} + 1.5 L}{0.8 \sqrt{hm}}$$

Onde A é a área da bacia hidrográfica em km^2 , L o comprimento em km da linha de água principal e hm a altura média da bacia hidrográfica. Esta fórmula, aplicada quer à bacia global quer às sub-bacias, conduziria a tempos de concentração que se consideravam por excesso, fornecendo velocidades médias ao longo da linha de água da ordem dos $0,7 \text{ ms}^{-1}$, quando dadas as características das bacias parecem razoáveis valores superiores e 1 ms^{-1} .

Como para aplicação do diagrama de Clark também era necessário calcular o valor de K, optou-se pela utilização de fórmulas australianas (I E, 1977) para o T_c e o K, que são consistentes entre si e onde o T_c conduz a valores razoáveis para as bacias em estudo. Esta fórmula de cálculo do tempo de concentração, é a seguinte:

$$T_c = 1.48 \left(\frac{L}{\sqrt{S_0}} \right)^{0.58}$$

Onde L, em km, é o comprimento da linha de água principal prolongada até ao limite da bacia hidrográfica e S_0 , em m.km^{-1} , é o declive equivalente da mesma linha de água.

A fórmula de K, em horas, é a seguinte:

$$K = 0,08 L^{1,05}$$

Onde L, em km, é o comprimento da linha de água principal determinado como anteriormente se referiu.

Os valores obtidos por aplicação das fórmulas anteriores conduziram a resultados consistentes, que constam do quadro da página seguinte.

O coeficiente de escoamento prudentemente adoptado, face à ocupação da zona a jusante, para transformar a precipitação ocorrida em precipitação útil foi de 0,85. Atendendo a que este coeficiente era para ser utilizado com precipitações extremas, e que o coeficiente C que se usa correntemente em fórmulas do tipo CIA é 0,8, parece razoável a utilização do valor anteriormente referido. Tanto

Bacia hidrográfica	Área km ²	Comprimento da linha de água princi- pal L (km)	Coefficiente do reservatório linear K (h)	Tempo de concentra- ção T _c (h)
Barragem do rio da Mula	3,08	2,4	0,20	0,72
Barragem do Pisão (bacia própria)	4,37	2,85	0,30	0,72
Barragem da Atrózela	8,85	4,1	0,35	1,12
Barragem de Marmeleiros (bacia própria)	5,74	3,1	0,27	1,13
Canalização da Ribeira das Vinhas (bacia própria)	4,60	4,55	0,70	1,52

mais porque se trata apenas de um coeficiente de escoamento, já que os efeitos de atraso são tomados em conta na formulação do hidrograma unitário.

3.4 - Alteração das características hidrológicas da bacia pela construção de uma barragem com albufeira

A construção de barragens pode originar, como no presente caso, modificações importantes no comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica. De facto quando se constrói uma barragem cuja albufeira ocupa uma percentagem apreciável do comprimento da linha de água, este aspecto tem de ser tomado em conta, uma vez que o tempo de concentração T_c e o coeficiente K do reservatório linear dependem do comprimento da linha de água entre albufeiras.

Assim, um procedimento adequado é subdividir a bacia hidrográfica na secção da barragem em três áreas distintas - a albufeira, a á-

rea marginal à albufeira e a bacia hidrográfica afluente à extremidade de montante da albufeira.

Na área ocupada pela albufeira a precipitação útil é igual à precipitação verificada. Nas restantes áreas utiliza-se um coeficiente de escoamento para determinar a precipitação útil a partir da precipitação total.

O percurso do escoamento superficial na área marginal à albufeira é muito menor do que o da bacia afluente a montante, pelo que um modelo, embora simplificado, do ocorrido nesta área consiste em considerar que o escoamento se processa sem atraso.

O hidrograma de cheia é assim composto de três parcelas - duas de base, originadas pela área ocupada pela albufeira e pela área marginal, e uma terceira com as características típicas dum hidrograma de cheia mas com os parâmetros do hidrograma unitário calculados a partir da área de contribuição e não da área total da bacia.

4. Simulação do funcionamento conjugado dos aproveitamentos da ribeira das Vinhas

4.1 - Considerações gerais

Para se obter a modulação da cheia natural com o período de retorno de 100 anos para o valor de caudal admissível pela canalização existente ($Q \approx 34 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ - HP 1984), após algumas obras de melhoramento, é necessário que o respectivo volume de encaixe seja relativamente grande.

Dadas as limitações existentes, a obtenção deste volume só é possível mantendo as albufeiras a cotas relativamente baixas durante os meses húmidos (Outubro a Março) permitindo nos restantes que o seu nível de armazenamento suba.

Para ser possível este tipo de funcionamento e em virtude de os descarregadores previstos serem do tipo soleira espessa sem comportas, projectaram-se descargas de fundo bastante potentes.

Admitiu-se o seguinte esquema genérico de funcionamento dos aproveitamentos:

- o descarregador de cheias é implantado acima da cota máxima prevista para o nível máximo de exploração (NME), nos meses chuvosos;

- 34
- a descarga do volume de água existente na albufeira entre a cota do descarregador e o nível máximo de exploração é assegurada pela descarga de fundo; sempre que o nível da água na albufeira subir acima do NME, a descarga de fundo será aberta por forma a repôr o NME.

Tendo em consideração estas condições de funcionamento e os condicionamentos existentes em cada aproveitamento, foram simuladas diferentes hipóteses de localização altimétrica dos descarregadores de cheias e dos NME nos meses chuvosos.

4.2 - Simulação efectuada

A metodologia anteriormente referida foi utilizada como a seguir se descreve na obtenção dos hidrogramas de cheia nas secções em que o seu cálculo se revelou necessário.

Para as bacias hidrográficas a montante de cada albufeira determinou-se o tempo de concentração e a constante do reservatório linear.

A partir do conhecimento do tempo de concentração traçou-se a carta de isolinhas de tempo de escoamento da bacia, a partir da qual se determinou o hidrograma unitário sintético.

A precipitação para diferentes períodos de retorno foi distribuída no tempo, com incrementos de 15 minutos, utilizando-se para tanto a metodologia de Huff. A precipitação útil foi obtida a partir da precipitação ocorrida através do coeficiente de escoamento, para que se adoptou o valor de 0.85.

Por convolução do hidrograma unitário com a precipitação útil, com incrementos de 15 minutos, obteve-se o hidrograma de cheia para cada uma das bacias hidrográficas em apreciação.

Como anteriormente referido, calcularam-se as contribuições da área marginal e da área da albufeira, que adicionadas ao hidrograma da bacia de montante dão origem ao hidrograma da cheia afluente à albufeira. Quando a bacia total não coincida com a bacia própria adicionaram-se os hidrogramas provenientes das barragens a montante, no fim de convenientemente propagadas nas respectivas albufeiras e nos troços intermédios.

O cálculo da propagação numa albufeira baseou-se na resolução da equação de continuidade, considerando a precipitação útil, com incrementos de 15 minutos, e a precipitação útil, com incrementos de 15 minutos, e a precipitação útil, com incrementos de 15 minutos, e a precipitação útil, com incrementos de 15 minutos.

equação da continuidade em formulação diferencial:

$$Q dt = Q dt + dV$$

em que

Q - caudal afluente no instante t ;

q - caudal efluente no instante t ;

dV - variação do volume armazenado na albufeira no intervalo dt .

A resolução da expressão anterior por diferenças finitas, com passos de cálculo em intervalos de tempo Δt , conduz à seguinte equação

$$\frac{Q_i + Q_{i+1}}{2} \Delta t = \frac{q_i + q_{i+1}}{2} \Delta t + V_{i+1} - V_i$$

onde os índices i e $i + 1$ são os valores de t nos extremos do intervalo de cálculo Δt , isto é

$$\Delta t = t_{i+1} - t_i$$

O funcionamento das descargas de fundo foi simulado por subtração do valor do caudal evacuado por este meio ao hidrograma da cheia afluente.

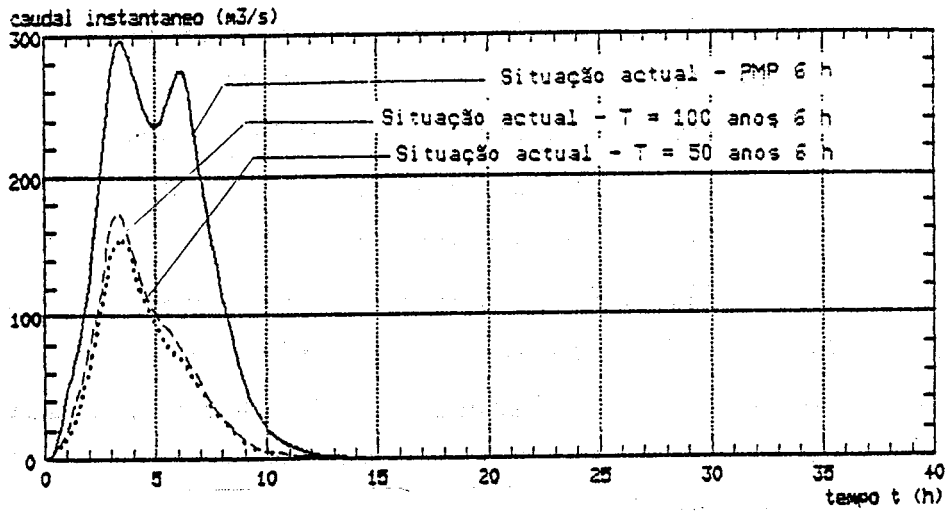
4.3 - Resultados obtidos

Após análise pormenorizada das várias hipóteses possíveis quanto ao número de barragens a construir (um aproveitamento, conjugação de dois ou três aproveitamentos) e das suas características dimensionais, encontrou-se uma configuração que modela a onda de cheia de acordo com as características desejadas, o que só é viável com a construção das três barragens.

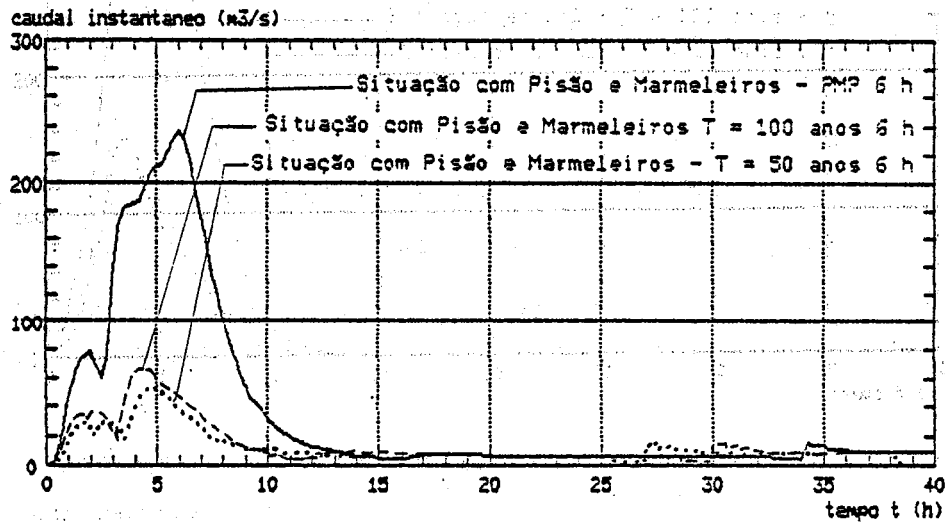
No dimensionamento feito previu-se para cada uma das barragens a máxima capacidade de armazenamento topográfica e socialmente aceitável, em virtude de os volumes necessários para o amortecimento da cheia limitarem de forma severa os volumes disponíveis para armazenamento de água nos meses húmidos.

Para ilustrar os resultados que se obtiveram no estudo apresentam-se, para a chuvada com a duração de 6 horas, que se mostrou ser a condicionante, as seguintes hipóteses de intervenção na bacia hidrográfica da ribeira das Vinhas:

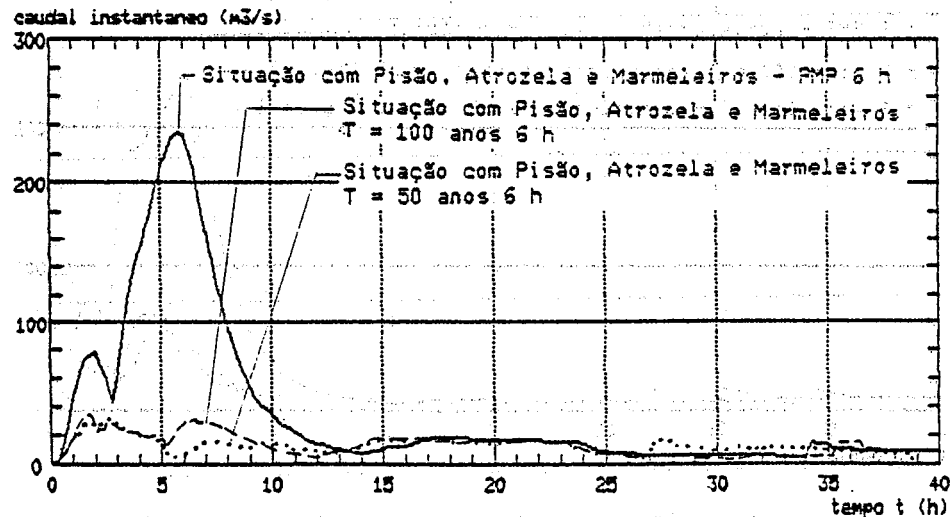
hipótese 0 - Situação actual



hipótese 1 - Situação com Pisão e Marmeleiros



hipótese 2 - Situação com Pisão, Atrozela e Marmeleiros



A canalização da ribeira de Vinhas sob a zona baixa de Cascais, nas actuais condições de conservação, permite escoar um caudal máximo de cerca de $23 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Procedendo a adaptações nas secções mais estranguladas do tunel e na secção de entrada, por forma a permitir colocar esta estrutura em pressão, ela deverá permitir a passagem de cerca de $34 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, valor correspondente ao da onda de cheia natural para um período de retorno de 100 anos na parte da bacia não dominada pelos aproveitamentos a construir (ou seja, a jusante de Marmeleiros).

O amortecimento propiciado pelo conjunto das três barragens preconizadas, para o mesmo período de retorno, conduz a um caudal também próximo dos $34 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, obviamente a descarregar de forma desfasada da onda natural gerada a jusante. A esta consonância acresce que a ocupação urbana e as infraestruturas ao longo do vale não tornam razoável a modulação de cheias com período de retorno superior a 100 anos.

Não se quer deixar de acentuar que a precipitação com período de retorno de 100 anos tem valor ligeiramente superior às verificadas em Novembro de 1983 e de 1967, pelo que a solução adoptada oferece uma segurança que se reputa de significativa. Cheias com um período de retorno superior ao considerado darão origem a inundações em Cascais, na área anexa ao mercado, porém com gravidade bastante inferior à que se registaria com as condições actuais.

Como já se mencionou, para o dimensionamento dos órgãos de descarga, dada a situação de ocupação urbana intensa da zona de jusante da bacia, utilizaram-se os hidrogramas de cheia afluentes às albufeiras correspondentes à PMP. Garante-se assim a segurança das barragens para esta situação, embora sem que o caudal descarregado seja totalmente modulado.

Verifica-se, pois, uma atractiva conjugação de finalidades, que permite resolver simultaneamente dois dos problemas com que o concelho de Cascais se debate no domínio hídrico. A solução exposta é tecnicamente viável, ainda que prejudicando em parte, por implicar a redução sazonal dos volumes úteis de armazenamento das albufeiras, a finalidade abastecimento urbano para a qual as barragens tinham sido inicialmente vocacionadas.