

**APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DE  
PARADA**

**PROJETO DE EXECUÇÃO DA BARRAGEM  
DE PARADA**

**PARECER AOS ESTUDOS HIDROLÓGICOS  
(Ver 00 – 2001-06-18)**

**AUTOR:**

**Cláudia Brandão**

**LISBOA  
2017**





Direção-Geral de Agricultura  
e Desenvolvimento Rural

Visto

16/02/2018  
(Diretor de Serviços)

*ACMh*

Visto

16/2/2018  
(Chefe de Divisão)

*HO*

## DIREÇÃO GERAL DE AGRICULTURA E DESENVOLVIMENTO RURAL

### DIREÇÃO DE SERVIÇOS DO REGADIO

#### Divisão de Infraestruturas Hidráulicas

**AUTOR:**

**Cláudia Brandão**

**LISBOA, DEZEMBRO 2017**



**REPÚBLICA  
PORTUGUESA**

AGRICULTURA, FLORESTAS  
E DESENVOLVIMENTO RURAL

## PROJETO DE EXECUÇÃO

### APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DE PARADA BARRAGEM DE PARADA VOLUME 1 – MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

#### PARTE II – ESTUDOS HIDROLÓGICOS (Ver 00 – 2001-06-18)



<http://objectivaviva.blogspot.pt/2010/04/um-olhar-sobre-parada-braganca.html>

#### PARECER (DGADR, 2017)

## ÍNDICE DE CONTEÚDOS

ÍNDICE DE CONTEÚDOS .....	- 1 -
ÍNDICE DE FIGURAS .....	- 2 -
ÍNDICE DE QUADROS .....	- 2 -
1. ENQUADRAMENTO DA AVALIAÇÃO DO ESTUDO HIDROLÓGICO.....	- 3 -
2. NORMAS DE PROJECTO DE BARRAGENS NO ÂMBITO DOS ESTUDOS HIDROLÓGICOS (Artigo 6º da PORTARIA Nº 846/93 DE 10 DE SETEMBRO) .....	- 3 -
3. HIDROGRAMAS DE CHEIA .....	- 5 -
3.1. DIMENSIONAMENTO DO ÓRGÃO DE DESCARGA DA CHEIA.....	- 5 -
3.2. HIETOGRAMAS DE PROJETO .....	- 5 -
3.3. CAUDAL DE PONTA DE CHEIA DE PROJETO.....	- 7 -
4. SIMULAÇÃO DA EXPLORAÇÃO DA ALBUFEIRA: AFLUÊNCIAS ANUAIS E MENSAIS.....	- 11 -
5. SEDIMENTOS AFLUENTES À ALBUFEIRA .....	- 13 -
6. CONCLUSÕES .....	- 13 -
ANEXO- RESUMO DAS SIMULAÇÕES .....	- 15 -

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 – COMPARAÇÃO ENTRE PRECIPITAÇÕES PARA VÁRIAS DURAÇÕES E PERÍODOS DE RETORNO. ....	6 -
FIGURA 2 – DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DE PRECIPITAÇÃO PROJETISTA E HUFF (1967). ....	7 -
FIGURA 3 – HIDROGRAMAS DE CHEIA DE PROJETO E RESULTANTES DA SIMULAÇÃO HIDROLÓGICA COM PERDAS SEGUNDO PROPOSTA DE CORREIA (1984) E ASSOCIADOS A DURAÇÕES DE CHUVADA DE 3 H. ....	10 -
FIGURA 4 – HIDROGRAMAS DE CHEIA DE PROJETO E RESULTANTES DA SIMULAÇÃO ATRAVÉS DO HEC-HMS, PARA CHUVADAS COM DURAÇÃO DE 6 H. ....	10 -
FIGURA 5 – ESCOAMENTO ANUAL DE PROJETO E DETERMINADOS NO PROCESSO DE VERIFICAÇÃO DOS VALORES DE PROJETO.....	12 -

## ÍNDICE DE QUADROS

QUADRO 1 – CARACTERÍSTICAS DA BARRAGEM DE PARADA. ....	3 -
QUADRO 2 – VARIAÇÕES PERÍODO DE RETORNO DA CHEIA DE PROJETO (ANOS). ....	4 -
QUADRO 3 – CARACTERÍSTICAS DO DIMENSIONAMENTO DO DESCARREGADOR DE CHEIAS DA BARRAGEM DE PARADA. ....	5 -
QUADRO 4 – CAUDAIS DE PONTA DE CHEIA OBTIDOS POR MÉTODOS SEMI-EMPÍRICO (OU CINEMÁTICOS), CONSIDERANDO PRECIPITAÇÕES ASSOCIADAS A HETOGRAMAS E DURAÇÕES DIVERSAS.....	8 -
QUADRO 4 – CAUDAIS DE PONTA DE CHEIA OBTIDOS POR MÉTODOS SEMI-EMPÍRICO (OU CINEMÁTICOS), CONSIDERANDO PRECIPITAÇÕES ASSOCIADAS A HETOGRAMAS E DURAÇÕES DIVERSAS (CONTINUAÇÃO).....	9 -
QUADRO 5 – PARÂMETROS HIDROLÓGICOS ASSOCIADOS ÀS AFLUÊNCIAS À ALBUFEIRA DE PARADA. ....	12 -

## 1. ENQUADRAMENTO DA AVALIAÇÃO DO ESTUDO HIDROLÓGICO

A avaliação do projeto de execução da barragem de Parada inclui uma apreciação técnica relativa à hidrologia e uma verificação do cumprimento dos requisitos consagrados na legislação em vigor, sobre as normas de projecto de Barragens (Portaria nº 846/93 de 10 de Setembro). A avaliação realizada teve, igualmente, em consideração a informação hidrometeorológica e o conhecimento hidrológico existente à data da realização do projeto, da autoria da Hidroprojeto, engenharia e Gestão, S.A...

Face às características da barragem indicadas no Quadro 1, barragem com altura superior a 15 m e capacidade de armazenamento superior a 100 dam<sup>3</sup>, o seu dimensionamento deverá seguir as Normas de Projeto de Barragens da Portaria nº 546/93 de 10 de Setembro, visando, deste modo, a execução do Regulamento de Segurança de Barragens (RSB).

**Quadro 1 – Características da barragem de PARADA.**

CARACTERÍSTICAS DA BARRAGEM DE PARADA	
Localização	Ribeira das Bouças ou dos Veados, margem direita do rio Sabor
Tipo de barragem	Aterro zonado com núcleo impermeabilizante
Atura acima do terreno (m)	34,5
Cota do Nível de Pleno Armazenamento, NPA (m)	776
Capacidade total ao NPA (dam <sup>3</sup> )	3 946

## 2. NORMAS DE PROJECTO DE BARRAGENS NO ÂMBITO DOS ESTUDOS HIDROLÓGICOS (Artigo 6º da PORTARIA Nº 846/93 DE 10 DE SETEMBRO)

A avaliação do projeto, ao abrigo da Portaria mencionada anteriormente, refere que os estudos hidrológicos visam obter os seguintes elementos:

- Caudais fornecidos pelo aproveitamento e probabilidades de garantia desses caudais, de acordo com a distribuição no tempo das necessidades a satisfazer.
- Hidrogramas das cheias naturais e modificadas, para dimensionamento dos órgãos de segurança, definitivos e provisórios.
- Curva de vazão no local da obra.
- Volume de sedimentos afluentes à albufeira, para a definição da capacidade morta;
- Qualidade da água, tendo em vista as suas utilizações.

A mesma portaria indica as metodologias mais adequadas, que deverão orientar a realização dos estudos hidrológicos, entre as quais se destacam:

- Os caudais fornecidos anuais e mensais devem ser determinados recorrendo à análise estatística de séries homogêneas de pelo menos 30 anos.
- Os caudais fornecidos devem ser determinados pela análise da exploração prevista na albufeira, utilizando técnicas de simulação.
- A cheia de projeto deve ser fixada recorrendo a métodos estatísticos incorporando a informação histórica disponível, de simulação hidrológica (modelos precipitação-escoamento) e fórmulas empíricas, com análise crítica dos valores obtidos pelas diferentes vias de cálculo.
- Os caudais de dimensionamento dos descarregadores devem ter em conta o amortecimento das cheias na respetiva albufeira e nas albufeiras a montante.
- Os períodos de retorno da cheia de projeto devem ser estabelecidos de acordo com o quadro do anexo I da portaria, sendo fixados em função do risco potencial, determinado em função da ocupação do leito a jusante da barragem e de acordo com o tipo de descarregador e folga disponível, e o tipo e altura da barragem (Quadro 2).
- É recomendável que a cheia de projeto seja comparada com a cheia máxima de provável, nos casos em que, de acordo com o anexo I da portaria (Quadro 2), o período seja superior a 1000 anos.

**Quadro 2 – Variações Período de retorno da cheia de projeto (anos).**

BARRAGEM		RISCO POTENCIAL	
Betão	Aterro	Elevado	Significativo
$h \geq 100$	$h \geq 50$	10000 a 5000	5000 a 1000
$50 \leq h < 100$	$15 \leq h < 50$	5000 a 1000	1000
$15 \leq h < 50$	$h < 15$	1000	1000
$h < 15$	-	1000	500

Legenda h – altura da barragem (m).

Neste contexto, avaliaram-se os procedimentos metodológicos e os resultados obtidos no que concerne aos seguintes elementos:

1. Hidrogramas das cheias de suporte à determinação dos caudais de máxima cheia de projeto afluentes e efluente, este resultante do amortecimento, que suporta o dimensionamento do descarregador de cheias;
2. Afluências anuais e mensais à albufeira da barragem de Parada que suportam a estimativa de caudais fornecidos pelo aproveitamento e respetiva garantiam para o abastecimento de água para rega.
3. Avaliação da metodologia utilizada para estimar os sedimentos afluentes à albufeira.

4. Identificação de algumas imprecisões ou lapsos constantes no documento técnico.

### 3. HIDROGRAMAS DE CHEIA

#### 3.1. DIMENSIONAMENTO DO ÓRGÃO DE DESCARGA DA CHEIA

Considerando as Normas de Projecto de Barragem e as características da barragem, o descarregador de cheias da barragem de Parada deverá ser dimensionada para o período de retorno de 1000 anos, pressupondo que não esteja presente um risco potencial elevado. Neste contexto, o descarregador de cheia da barragem de Parada apresenta as características indicadas no Quadro 3.

**Quadro 3 – características do dimensionamento do descarregador de cheias da barragem de Parada.**

CARACTERÍSTICAS DO DESCARREGADOR DE CHEIA DA BARRAGEM DE PARADA	
Período de retorno de dimensionamento do descarregador (anos)	1000
Tipo de descarregador	Descarregador em Labirinto com soleira WES
Método de determinação do Caudal de cheia	SCS (adaptado por N. Correia, 1984)
Caudal de ponta de cheia - caudal afluente ( $m^3/s$ )	60
Caudal de dimensionamento do descarregador de cheias - caudal efluente ou amortecido ( $m^3/s$ )	49
Cota do Nível de Máxima Cheia (m)	777

#### 3.2. HIETOGRAMAS DE PROJETO

Os hietogramas de projecto basearam-se na precipitação resultante da aplicação das curvas Intensidade-Duração-Frequência- (IDF) para períodos de retorno entre 50 e 1000 anos (Brandão, C e Rodrigues, 1998) e 10 anos (Matos, R e Silva, M, 1986). A partir destas curvas estimaram-se as precipitações totais para durações compreendidas entre 1 e 7 h, sendo a duração do tempo de concentração da bacia hidrográfica de aproximadamente 2 h (resultou da média de seis metodologias).

Para validar esta metodologia do projeto foram estimadas precipitações obtidas por aplicação das curvas IDF da estação meteorológica de Miranda do Douro, resultantes de uma análise sistemática

de registos contínuos de 40 anos (Brandão, C, Rodrigues, J. e Pinto da Costa, Dezembro 2001), e comparadas com as precipitações de projeto (Figura 1).

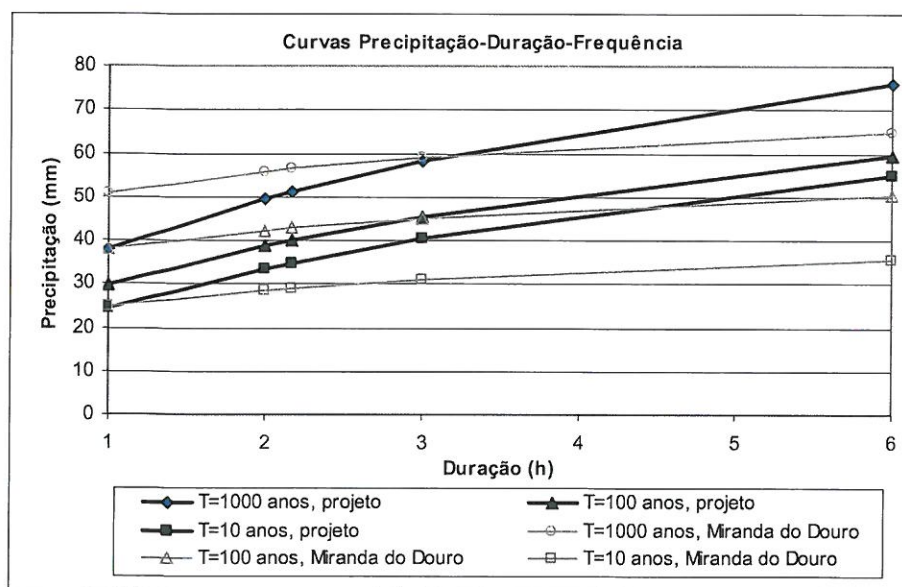


Figura 1 – Comparação entre precipitações para várias durações e períodos de retorno.

A partir da análise da figura anterior poder-se-á concluir que os hietogramas de projeto com durações superiores a três horas correspondem a maiores volumes totais precipitados estimados nesta validação.

Os hietogramas do projeto estão associados às precipitações obtidas pelas curvas IDF, mencionadas anteriormente, distribuídas temporalmente de acordo com o 1º Quartil, 10% de probabilidade (Huff, 1967). O projetista caracteriza o hietograma do 1º Quartil, 10 % de probabilidade, com uma discretização temporal em 4 frações consecutivas (13, 31, 31 e 25 % da precipitação útil), que é bastante diferente do proposto por Huff, havendo mais similitude com um hietograma de precipitação constante (Figura 2). Huff (1967) indica que 80% da precipitação ocorre nos primeiros 20% da duração da chuvada (1º Quartil, 10% de probabilidade).

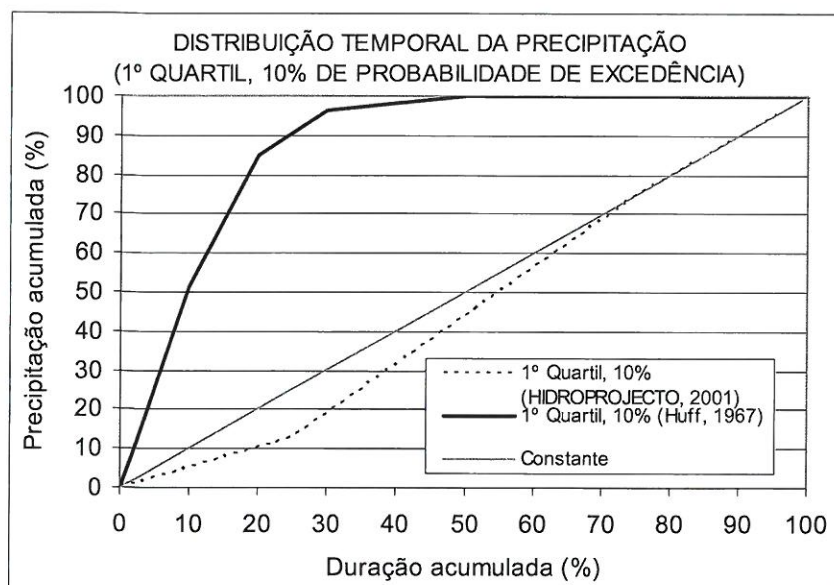


Figura 2 – Distribuição temporal de precipitação projetista e Huff (1967).

### 3.3. CAUDAL DE PONTA DE CHEIA DE PROJETO

No estudo hidrológico do projeto não foi aplicado nenhum método estatístico para estimar o caudal de ponta, uma vez que a estação hidrométrica mais próxima da zona e com uma série longa de registos define uma bacia hidrográfica de 404 km<sup>2</sup>, área bastante maior do que a bacia hidrográfica em análise (10,30 km<sup>2</sup>).

Neste estudo os caudais de ponta de cheia resultam da aplicação do método, semi-empírico ou cinemático, do hidrograma unitário sintético do SCS (Lencastre e Franco, 1984), com estimativa de perdas por infiltração segundo Correia (1984). Estimaram-se hidrogramas de cheia afluentes à secção da barragem para os períodos de retorno compreendidos entre 10 e 1000 anos. Os hidrogramas de cheia resultaram da convolução do hidrograma unitário sintético do SCS associado às precipitações obtidas através das curvas IDF, mencionadas anteriormente, distribuídas temporalmente de acordo com o 1º Quartil, 10% de probabilidade do projetista.

No âmbito da avaliação metodológica e da validação dos resultados obtidos pelo projetista, foram determinados caudais de ponta de cheia recorrendo a diversas metodologias para diferentes períodos de retorno, considerando três durações de chuvada (tempo de concentração, 3 e 6 h) associadas às curvas IDF de Miranda do Douro e a três tipos de hietogramas. Os hietogramas utilizados

consideraram as seguintes distribuições temporais de precipitação total: precipitação constante, precipitação distribuída segundo o 1º Quartil – 10% Projetista e segundo 1º Quartil -10% Huff (1967). O processo de avaliação do impacto dos diferentes dados de entrada (precipitação, duração e distribuição temporal da precipitação e método de estimativa de perdas) realizou-se através de diversas simulações hidrológicas, implementadas em programa proprietário ou recorrendo ao programa informático HEC-HMS – versão 3.5.

De acordo com Correia (1984), as condições antecedentes de humidade relativas à situação AMCIII são as que mais frequentemente se registam em Portugal continental, antes da ocorrência de cheias. Como tal, os hidrogramas de cheia resultantes da avaliação do projeto utilizaram o Número de Escoamento de AMCIII (95,39) resultante da transformação do valor AMCII referido pelo projetista (90).

No Quadro 4 indicam os caudais de ponta de cheia de projeto e resultantes da sua avaliação e no anexo apresentam-se os resultados da aplicação do hidrograma unitário do SCS, com estimativas de perdas segundo o método original (1972), obtidos através do HEC-HMS. Os caudais de ponta indicados no quadro evidenciam a grande diversidade de valores, decorrentes de diversas metodologias disponíveis na bibliografia especializada e de diversos dados de base, para os mesmos períodos de retorno.

**Quadro 4 – Caudais de ponta de cheia obtidos por métodos semi-empírico (ou cinemáticos), considerando precipitações associadas a hietogramas e durações diversas.**

PERÍODOS DE RETORNO (ANOS)	1000	100	10***
MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO	CAUDAIS DE PONTA DE CHEIA (m³/s)		
Modelos precipitação-escoamento - Projetista			
Hidrograma unitário SCS (perdas segundo Correia, 1984, hietograma 1º Quartil, 10 % - projeto, duração de chuvada 3 h com precipitação total de 58 mm)*	65	43	23
Hidrograma unitário SCS (perdas segundo Correia, 1984, hietograma 1º Quartil, 10 % - projeto, duração da chuvada 6 h com precipitação total de 76 mm)**	60	-	21
Fórmulas semi-empíricas (cinemáticas)			
Racional (tc)	78	48	25
Temez (tc)	41	26	13
SCS (tc e perdas de Correia, 1984)	49	36	23
SCS (tc e perdas originais)	40	28	17

Legenda: \* Representado na Figura 3; \*\* Representados na Figura 4. \*\*\* - Período de retorno associado ao desvio provisório.

**Quadro 4 – Caudais de ponta de cheia obtidos por métodos semi-empírico (ou cinemáticos), considerando precipitações associadas a hietogramas e durações diversas (continuação).**

PERÍODOS DE RETORNO (ANOS)	1000	100	10***
MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO	CAUDAIS DE PONTA DE CHEIA (M³/S)		
Modelos precipitação-escoamento (simulação hidrológica através do HEC-HMS com perda originais de SCS, 1972)			
Hidrograma unitário SCS (hietograma constante, duração de chuvada tc, precipitação total de 57 mm)	55	-	
Hidrograma unitário SCS (hietograma 1º Quartil, 10% Huff, duração de chuvada tc; precipitação total de 57 mm)	64	-	
Hidrograma unitário SCS (hietograma constante, duração de chuvada 6 h, precipitação de 76 mm)**	40	-	
Hidrograma unitário SCS (hietograma 1º Quartil, 10%, Huff, duração de chuvada 6 h, precipitação de 76 mm)**	83	-	
Hidrograma unitário SCS (hietograma 1º Quartil, 10% - Projeto, duração de chuvada 6 h, precipitação de 76 mm)**	46	-	
Modelos precipitação-escoamento (simulação hidrológica com perda de Correia, 1984)			
Hidrograma unitário SCS (hietograma constante, duração de chuvada tc, precipitação de Miranda do Douro)*	60	-	
Hidrograma unitário SCS (hietograma 1º Quartil, 10%, Huff, duração de chuvadatc, precipitação de Miranda do Douro)*	77	-	
Hidrograma unitário SCS (hietograma 1º Quartil, 10% - Projeto, duração de chuvada tc, precipitação de Miranda do Douro)*	53	-	

Legenda: \* Representado na Figura 3; \*\* Representados na Figura 4. \*\*\* - Período de retorno associado ao desvio provisório.

O projetista determinou vários hidrograma de cheias recorrendo ao método do hidrograma unitário do SCS associadas a chuvadas de duração igual e superior ao tempo de concentração, com perdas estimadas pelo método de Correia (método não disponível no programa HEC-HMS). A aplicação do método do SCS obriga à determinação do tempo de atraso da bacia hidrográfica (igual a 1,3 h), que corresponde a um tempo de concentração de 2,174 h, duração semelhante ao tempo de concentração considerado no projeto, obtido pela média de diversos métodos (2 h).

Na Figura 3 apresentam-se os hidrogramas de cheia afluentes associados à duração do tempo de concentração e respetivos hidrogramas efluentes, resultantes do amortecimento da albufeira da barragem de Parada.

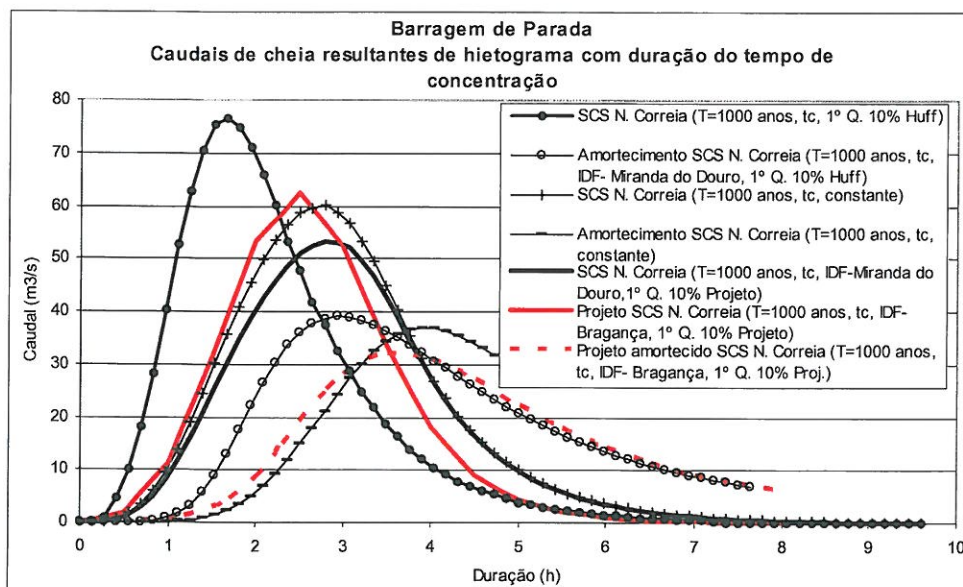


Figura 3 – Hidrogramas de cheia de projeto e resultantes da simulação hidrológica com perdas segundo proposta de Correia (1984) e associados a durações de chuvada de 3 h.

Na Figura 4 representam-se alguns dos hidrogramas de cheia obtidos no processo de simulação através do HEC-HMS e os hidrogramas de cheia afluente e efluente, que suporta o dimensionamento do descarregador de cheias (pois corresponde ao maior dos caudais efluentes simulados).

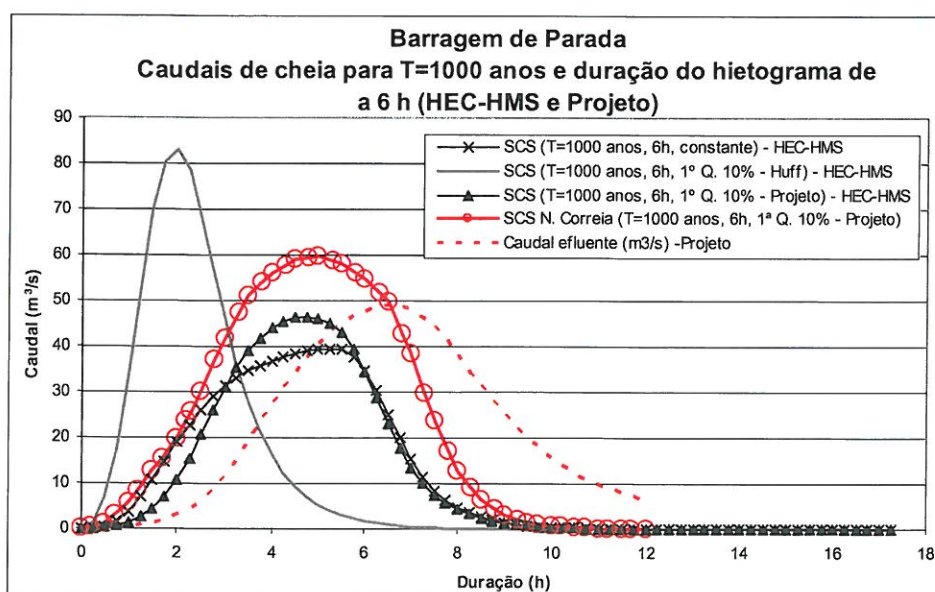


Figura 4 – Hidrogramas de cheia de projeto e resultantes da simulação através do HEC-HMS, para chuvadas com duração de 6 h.

O hidrograma afluente de dimensionamento e o simulado de verificação, obtidos a partir dum hietograma do 1º Quartil, 10% Projeto, são homotéticos mas têm volumes de escoamento direto muito diferentes, apesar de, supostamente, resultarem de uma chuvada com igual precipitação total (76 mm):

- O hidrograma de projeto tem um volume superior à precipitação total que lhe deu origem (102 mm).
- O hidrograma simulado tem um volume inferior à precipitação total (65 mm), o que é expetável.

Assim sendo, provavelmente, o hietograma de precipitação total e útil indicado na memória descritiva do projeto não terá sido o utilizado para simular o hidrograma de cheia, tendo sido, no entanto, obtido um hidrograma mais exigente para realizar o dimensionamento do descarregador de cheias, que corresponde a um maior caudal descarregado. Neste contexto, amortecimento do hidrograma de cheia conduz a um caudal de 40 m<sup>3</sup>/s (amortecimento de aproximadamente 32 %) correspondendo a uma altura de lâmina sobre o descarregador de 0,97 m.

#### **4. SIMULAÇÃO DA EXPLORAÇÃO DA ALBUFEIRA: AFLUÊNCIAS ANUAIS E MENSAIS**

O estudo refere que as afluências diárias e mensais foram estimadas a partir das precipitações diárias registadas em Bragança (1950/51 a 1979/80, série de 30 anos), sendo omissa na forma como foram obtidos no Estudo de Viabilidade (HIDROPROJETO, 1995). Com o objetivo de avaliar os escoamentos de projeto foram analisadas as relações entre estes e as precipitações anuais e mensais de Bragança apresentados no projeto, permitindo validar a simulação de exploração de suporte ao dimensionamento da albufeira e à estimativa de garantia do aproveitamento hidroagrícola de Parada.

A avaliação das afluências anuais foi determinada recorrendo a duas abordagens:

- Comparar as afluências anuais de projeto com as obtidas por aplicação da expressão indicada em “monografias Hidrológicas dos Principais Cursos de Água de Portugal Continental” (DGRAH, 1986). Nesta avaliação a comparação entre as afluências anuais foi precedida pelo cálculo de uma relação linear entre a precipitação anual em Bragança e os escoamentos na bacia de Parada (ambas as séries indicadas no projeto). Esta relação, com um coeficiente de determinação de cerca de 0,88, revela que não foi este o método adotado pelo projetista.
- Comparar as afluências anuais de projeto com o somatório das afluências mensais do projeto.

Com o procedimento exposto foi possível verificar que as afluências anuais de projeto resultantes até uma precipitação de cerca de 900 mm estarão sobrestimadas e existem algumas diferenças, pouco significativas, entre os escoamentos anuais e a soma dos escoamentos mensais (Figura 5).

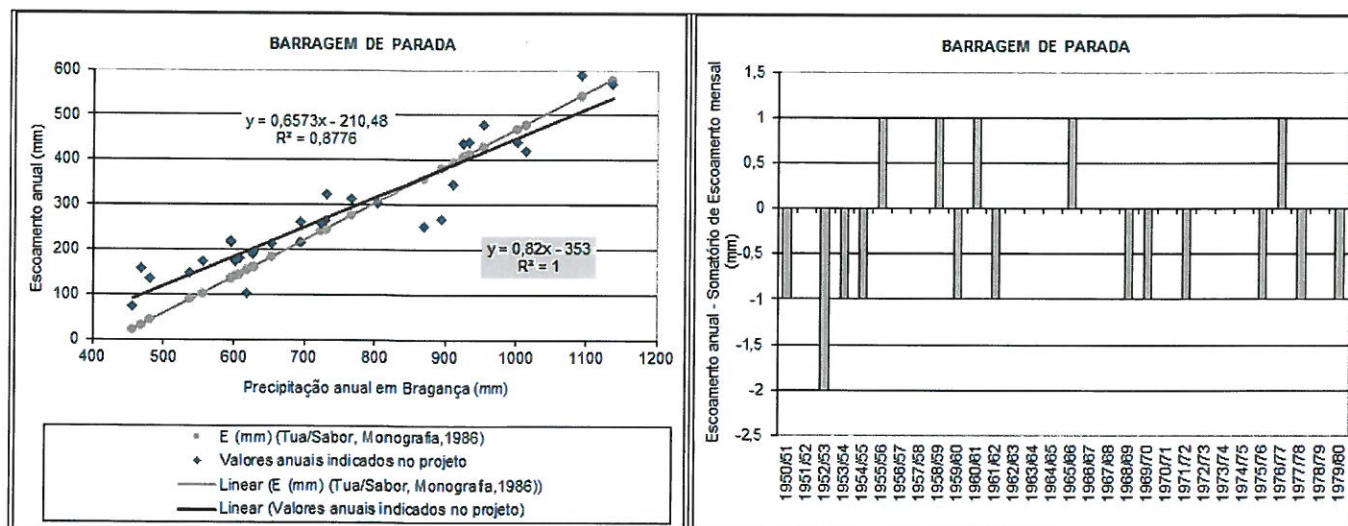


Figura 5 – Escoamento anual de projeto e determinados no processo de verificação dos valores de projeto.

A avaliação das afluências mensais de projeto foi realizada mediante a sua comparação com os valores de escoamento mensal estimados, a partir do regime pluviométrico mensal em Bragança e as afluências anuais obtidos nesta avaliação. As afluências mensais obtidas permitiram determinar vários parâmetros hidrológicos específicos, que constituem o suporte à comparação entre as afluências mensais e, consequentemente, possibilitam a avaliação e validação dos valores de projeto (Quadro 5).

Quadro 5 – Parâmetros hidrológicos associados às afluências à albufeira de Parada.

PARÂMETROS AVALIADOS	PROJETO	VALIDAÇÃO DE PROJETO
Escoamento médio anual (mm)	278	257
Escoamento máximo mensal (mm)	229 (Dez)	173 (Dez)
Escoamento médio mensal out. (mm)	22	22
Escoamento médio mensal nov. (mm)	42	31
Escoamento médio mensal dez. (mm)	44	35
Escoamento médio mensal jan. (mm)	52	37
Escoamento médio mensal fev. (mm)	51	35
Escoamento médio mensal mar. (mm)	35	27
Escoamento médio mensal abr. (mm)	19	19
Escoamento médio mensal mai. (mm)	5	17
Escoamento médio mensal jun. (mm)	4	13
Escoamento médio mensal jul. (mm)	1	6
Escoamento médio mensal ago. (mm)	1	5
Escoamento médio mensal set. (mm)	2	10
Disponibilidades hídricas em ano médio (dam <sup>3</sup> )	2 800	2 645
Disponibilidades hídricas ano seco (dam <sup>3</sup> )	1 720	1 389

A partir da análise dos dados apresentados neste capítulo é possível concluir que as afluências poderão estar um pouco inflacionadas e, considerando que as restantes variáveis hidrometeorológicas envolvidas na simulação se mantêm constantes (e.g. evaporação), as garantias do projeto estarão ligeiramente sobrestimadas. As diferenças mais significativas estão associadas aos meses de Janeiro e Fevereiro (cerca de 16 mm).

## 5. SEDIMENTOS AFLUENTES À ALBUFEIRA

O cálculo da erosão hídrica do solo na bacia drenante e da produção de sedimentos daí resultante é difícil devido à falta de dados necessários para a calibração dos muitos parâmetros envolvidos no processo. Uma das fórmulas mais conhecidas e consagradas na bibliografia especializada é a Equação Universal de Perda do Solo – EUPS (Wischmeier e Smith, 1978 e 1995), que ao longo dos anos têm induzido o conhecimento e a produção de dados de suporte à sua aplicação, por exemplo, “Potencial erosivo da Precipitação e seu Efeito em Portugal Continental” (Brandão, C, Rodrigues, R e Manuel, T, Revista Recursos Hídricos, Vol. 27, Nº 2, 76-86, 2006). Seguidamente, há que calcular a parte do volume de sedimentos transportados pelo rio que se deposita na albufeira. O coeficiente de retenção é a razão entre o volume de sedimentos retidos na albufeira e o volume de sedimentos afluentes. A EUPS tem sido utilizada em inúmeros estudos hidrológicos, de suporte ao dimensionamento dos aproveitamentos hidráulicos ou de base à estimativa da perda do solo por erosão hídrica no âmbito do ordenamento do território.

O projeto estima o material sólido depositado na albufeira através da EUPS, considera um coeficiente de retenção de 100% e considera um volume morto equivalente ao dobro do volume de 50 anos de deposição de sedimentos o que, face ao exposto, é uma metodologia adequada ao objetivo do estudo, isto é, à determinação do volume morto da albufeira.

## 6. CONCLUSÕES

A avaliação global da memória descritiva do estudo hidrológico (HIDROPROJECTO, 2001) verifica a observância das Normas de Projeto de Barragens, analisa criticamente os valores obtidos, através de diversas metodologias de cálculo, e identifica as imprecisões no texto da memória.

A memória descritiva responde às exigências das Normas de Projecto de Barragens, nomeadamente, no período de retorno do dimensionamento dos órgãos de segurança, nos métodos de cálculo das cheias de projecto e no processo de estimativa do amortecimento de cheias, que considera vários hidrogramas de cheia de forma a obter a situação mais gravosa para o dimensionamento do descarregador de cheias e do desvio provisório (durações superior ao tempo de concentração da bacia hidrográfica), e na simulação de exploração da albufeira (afluências e sedimentos).

O hidrograma de cheia de dimensionamento do descarregado de cheias, que suscitou algumas dúvidas relativas à metodologia e dados utilizados, conduz a maiores caudais e, portanto, a uma condição hidráulica mais exigente. As afluências do projeto estão ligeiramente sobrestimadas, que eventualmente podem ser verificadas/confirmadas com um prolongamento da série de dados de base.

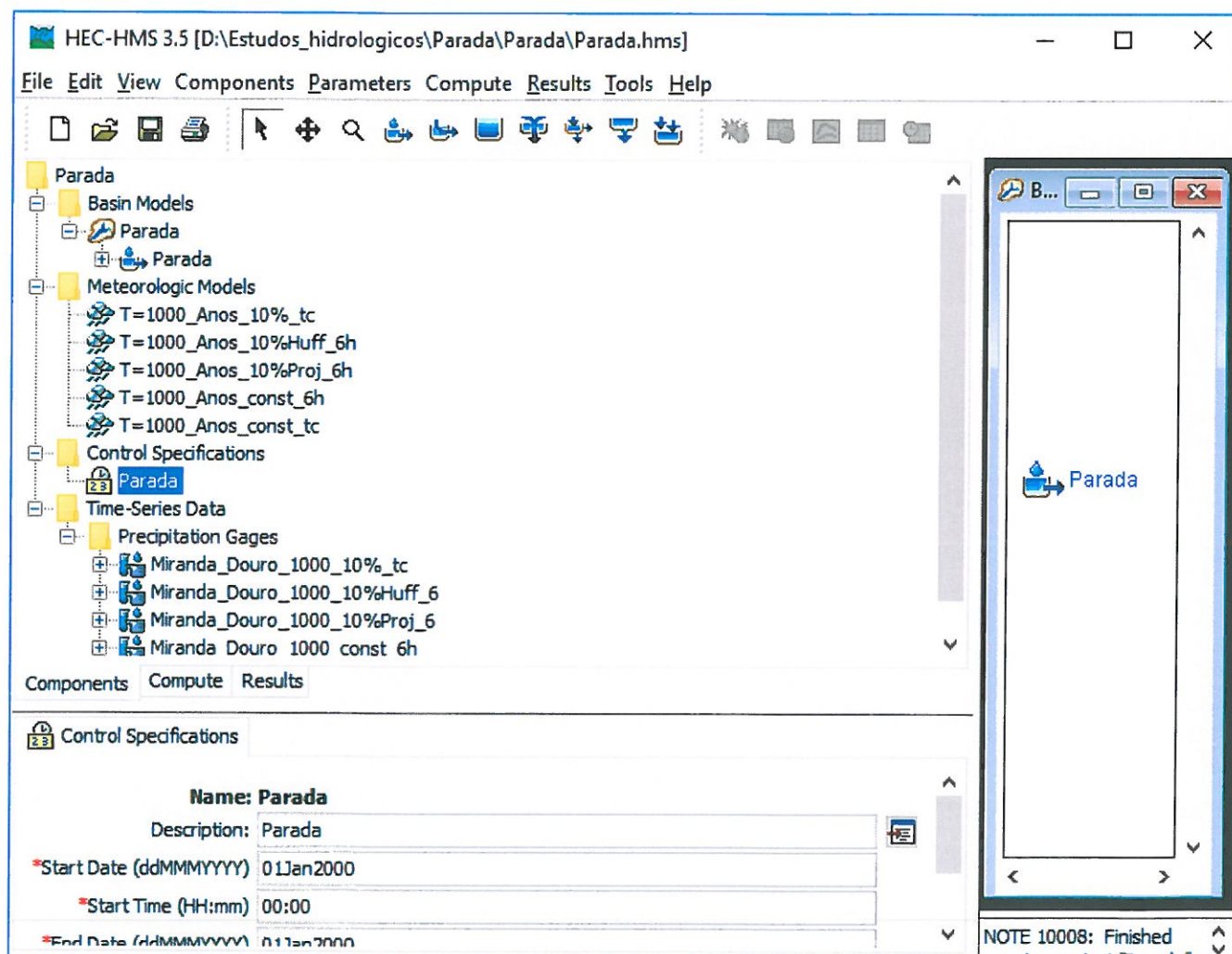
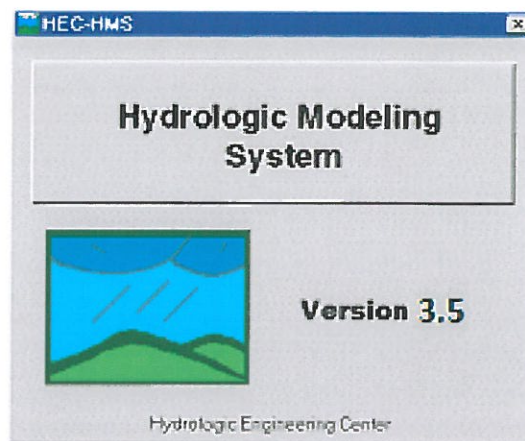
A memória descritiva apresenta alguns lapsos, que não põem em causa a sua compreensão e qualidade técnica. Entre estas, considera-se mais relevante a troca no quadro da “Evaporação média mensal anual (mm)” (capítulo 3.2), cujos dados são de precipitação e não de evaporação, a falta de indicação das condições antecedentes de humidade associadas ao número de escoamento (capítulo 4.3) e a caracterização de 1º Quartil – 10% de probabilidade, que não corresponde à distribuição temporal de precipitação da bibliografia citada (Huff, 1967).

Face ao exposto, apesar de existirem algumas imprecisões no estudo hidrológico, considera-se que estão reunidas condições para aprovar o estudo hidrológico de suporte à construção da barragem da Parada.

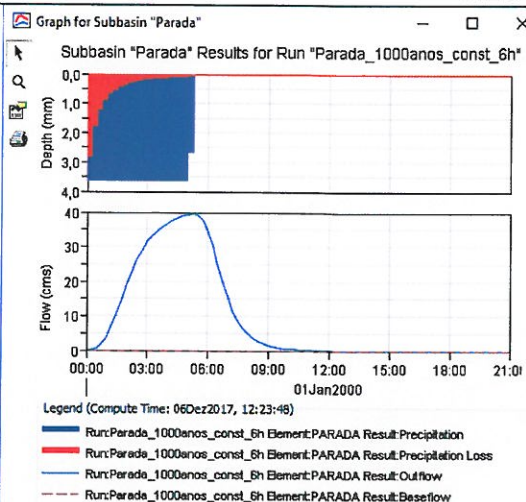


Cláudia Brandão  
Dezembro 2017

## ANEXO- RESUMO DAS SIMULAÇÕES



## DURAÇÃO DO HIETOGRAMA IGUAL A 6 H PERDAS ORIGINAL (SCS, 1972) HEC-HMS- VERSÃO 3.5



Summary Results for Subbasin "Parada"

Project: Parada  
Simulation Run: Parada\_1000anos\_const\_6h Subbasin: Parada

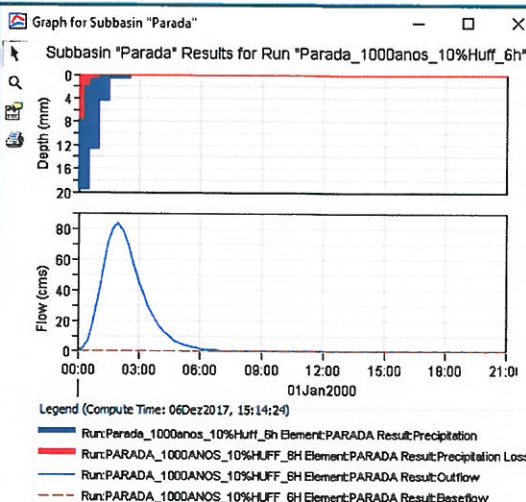
Start of Run: 01Jan2000, 00:00 Basin Model: Parada  
End of Run: 01Jan2000, 21:00 Meteorologic Model: T=1000\_Anos\_const\_6h  
Compute Time: 06Dez2017, 12:23:48 Control Specifications: Parada

Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3

Computed Results

Peak Discharge : 39.5 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge : 01Jan2000, 05:15
Total Precipitation : 75.86 (MM)	Total Direct Runoff : 65.29 (MM)
Total Loss : 10.57 (MM)	Total Baseflow : 0.00 (MM)
Total Excess : 65.29 (MM)	Discharge : 65.29 (MM)

Print Close



Summary Results for Subbasin "Parada"

Project: Parada  
Simulation Run: Parada\_1000anos\_10%Huff\_6h Subbasin: Parada

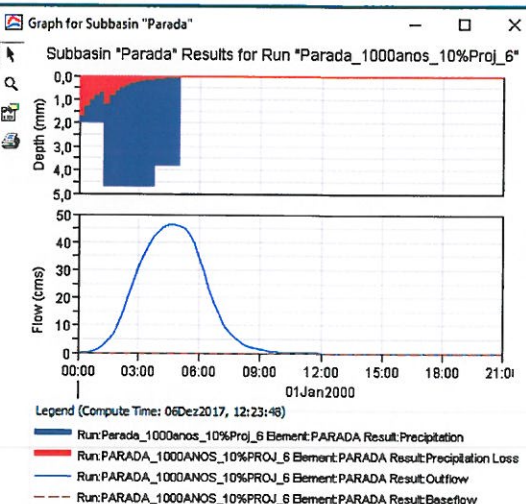
Start of Run: 01Jan2000, 00:00 Basin Model: Parada  
End of Run: 01Jan2000, 21:00 Meteorologic Model: T=1000\_Anos\_10%Huff\_6h  
Compute Time: 06Dez2017, 15:14:24 Control Specifications: Parada

Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3

Computed Results

Peak Discharge : 82.9 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge : 01Jan2000, 02:00
Total Precipitation : 75.86 (MM)	Total Direct Runoff : 65.31 (MM)
Total Loss : 10.57 (MM)	Total Baseflow : 0.00 (MM)
Total Excess : 65.31 (MM)	Discharge : 65.31 (MM)

Print Close



Summary Results for Subbasin "Parada"

Project: Parada  
Simulation Run: Parada\_1000anos\_10%Proj\_6 Subbasin: Parada

Start of Run: 01Jan2000, 00:00 Basin Model: Parada  
End of Run: 01Jan2000, 21:00 Meteorologic Model: T=1000\_Anos\_10%Proj\_6h  
Compute Time: 06Dez2017, 12:23:48 Control Specifications: Parada

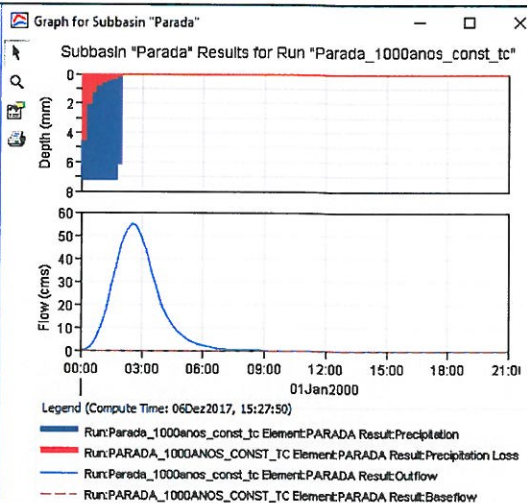
Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3

Computed Results

Peak Discharge : 46.4 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge : 01Jan2000, 04:45
Total Precipitation : 75.90 (MM)	Total Direct Runoff : 65.33 (MM)
Total Loss : 10.57 (MM)	Total Baseflow : 0.00 (MM)
Total Excess : 65.33 (MM)	Discharge : 65.33 (MM)

Print Close

## DURAÇÃO DO HIETOGRAMA IGUAL AO TC PERDAS ORIGINAL (SCS, 1972) HEC-HMS- VERSÃO 3.5



Summary Results for Subbasin "Parada"

Project: Parada  
Simulation Run: Parada\_1000anos\_const\_tc Subbasin: Parada

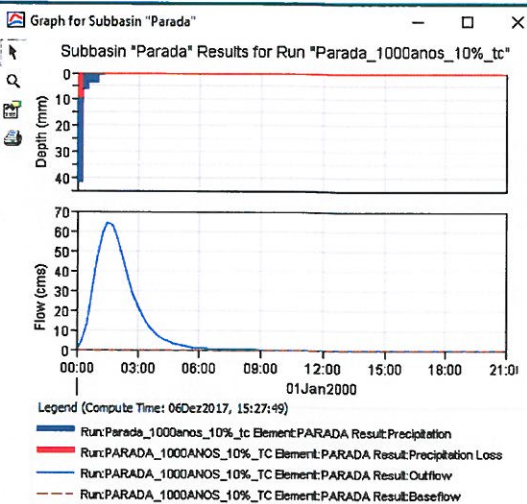
Start of Run: 01Jan2000, 00:00 Basin Model: Parada  
End of Run: 01Jan2000, 21:00 Meteorologic Model: T=1000\_Anos\_const\_tc  
Compute Time: 06Dez2017, 15:27:50 Control Specifications: Parada

Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3

Computed Results

Peak Discharge :	55.0 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge :	01Jan2000, 02:30
Total Precipitation :	56.66 (MM)	Total Direct Runoff :	46.57 (MM)
Total Loss :	10.09 (MM)	Total Baseflow :	0.00 (MM)
Total Excess :	46.57 (MM)	Discharge :	46.57 (MM)

Print Close



Summary Results for Subbasin "Parada"

Project: Parada  
Simulation Run: Parada\_1000anos\_10%\_tc Subbasin: Parada

Start of Run: 01Jan2000, 00:00 Basin Model: Parada  
End of Run: 01Jan2000, 21:00 Meteorologic Model: T=1000\_Anos\_10%\_tc  
Compute Time: 06Dez2017, 15:27:49 Control Specifications: Parada

Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3

Computed Results

Peak Discharge :	64.0 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge :	01Jan2000, 01:30
Total Precipitation :	56.64 (MM)	Total Direct Runoff :	46.55 (MM)
Total Loss :	10.09 (MM)	Total Baseflow :	0.00 (MM)
Total Excess :	46.55 (MM)	Discharge :	46.55 (MM)

Print Close