

CONSÓRCIO

GEOMETRAL – Técnicas de Medição e Informática, SA
D.712 – Laboratório de Arquitectura, Lda
GECIP – Gabinete de Engenharia Civil e Informática de Projecto, Lda
UNIVERSIDADE DE ÉVORA

**PLANO DE ORDENAMENTO DA ALBUFEIRA
DE VALE DE GAIO**

Fase 1 - Estudos Base

ANEXO 12

Volumes e Níveis de Água na Albufeira

M.^a Madalena M. Vasconcelos

UE, Jan 1999

ÍNDICE

1 - CARACTERÍSTICAS GERAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA _____	3
2 - PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DA BARRAGEM E ALBUFEIRA _____	3
3 - CARACTERÍSTICAS DO REGIME PLUVIOMÉTRICO E REGIME DOS ESCOAMENTOS _____	3
4 - CARACTERIZAÇÃO DO PLANO DE ÁGUA _____	6
5 - SIMULAÇÃO DA EXPLORAÇÃO DA ALBUFEIRA _____	7
5.1 - SIMULAÇÃO DA EXPLORAÇÃO DA ALBUFEIRA PARA ANO SECO _____	10
5.2 - SIMULAÇÃO DA EXPLORAÇÃO DA ALBUFEIRA PARA ANO MÉDIO _____	11
5.3 - SIMULAÇÃO DA EXPLORAÇÃO DA ALBUFEIRA PARA ANO HÚMIDO _____	11
6 - COMPARAÇÃO ENTRE A VARIAÇÃO DA COTA NA ALBUFEIRA ESTIMADA E MEDIDA _____	11
BIBLIOGRAFIA _____	11

1 - CARACTERÍSTICAS GERAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA

A bacia hidrográfica do Xarrama, na secção de implantação da Barragem de Vale de Gaio tem um área de 509 km², com forma alongada, não favorecendo, por isso a ocorrência de cheias. A bacia desenvolve-se entre as cotas 19 m e 344 m e o leito principal da ribeira entre as cotas 19 m e 340 m com um comprimento até à secção da barragem de 69,9 km.

2 - PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DA BARRAGEM E ALBUFEIRA

As principais características da barragem e respectiva albufeira são as seguintes:

Nível de pleno armazenamento (NPA) – 40.50 m
Nível de máxima cheia (NMC) – 42.50 m
Nível de capacidade morta (NCM) – 11.00 m
Capacidade total – $63000 \times 10^3 \text{ m}^3$
Capacidade útil – $63000 \times 10^3 \text{ m}^3$
Área do espelho de água para o NPA – 550 ha
Capacidade do descarregador – 1000 m³/s

3 - CARACTERÍSTICAS DO REGIME PLUVIOMÉTRICO E REGIME DOS ESCOAMENTOS

O estudo hidrológico foi realizado com base nas séries cronológicas de precipitações registadas em cinco postos udométricos. As precipitações ponderadas na bacia hidrográfica foram determinadas com base nos coeficientes de Thiessen apresentados no Quadro 1.

A precipitação média anual ponderada sobre a bacia hidrográfica de Vale de Gaio é de 656 mm, registando-se o valor mais baixo em 1991/92 (366 mm) e o valor mais elevado em 1968/69 (1049 mm).

Quadro 1 - Postos udométricos que influenciam as bacias e respectivos coeficientes de Thiessen

Posto udométrico	Bacia hidrográfica de Vale de Gaio		Bacia hidrográfica De Torrão do Alentejo		Bacia hidrográfica de Flor da Rosa	
	Área de influência (km ²)	Coef. de Thiessen	Área de influência (km ²)	Coef. de Thiessen	Área de influência (km ²)	Coef. de Thiessen
Alcáçovas	76.4	0.150	72.5	0.156	---	---
Évora	157.2	0.309	157.2	0.338	157.2	0.565
Torrão	48.6	0.096	32.1	0.069	---	---
B. Vale de Gaio	18.0	0.035	---	---	---	---
V. do Alentejo	208.8	0.410	203.2	0.437	120.8	0.435
Total	509	1.0	465	1.0	278	1.0

Para estimar o valor do escoamento afluente à albufeira de Vale de Gaio, foram utilizados os dois postos hidrométricos, Torrão do Alentejo (24H/02) e Flor da Rosa (23I/01) existentes na Ribeira de Xarrama a montante da secção de implantação da Barragem. No entanto, verificou-se que os escoamentos medidos na estação hidrométrica de Torrão do Alentejo, disponíveis para o período de 37 anos (1952/53 a 1989/90), são incompatíveis com os dados de precipitação ponderadas na respectiva bacia hidrográfica e com os escoamentos medidos na estação hidrométrica de Flor da Rosa. Esta avaliação foi desenvolvida com a aplicação de um modelo de precipitação/escoamento, que possibilitou a simulação contínua da bacia à escala mensal – modelo de Temez.

Para calibração do modelo Temez na bacia da estação hidrométrica de Torrão do Alentejo, optou-se por utilizar os valores da evapotranspiração potencial calculados pelo Método de Penman-Monteith com base nos valores das normais climatológicas do Posto de Évora. Estes valores encontram-se no Quadro 2, em conjunto com os valores determinados com recurso a outros métodos empíricos de cálculo.

Quadro 2 - Evapotranspiração potencial ou de referência (mm)
Estação de Évora: Lat. 38° 34' Long. 7° 54' Alt. 309 m
Período: 1951-1980

MÉTODO	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	TOTAL
Thornthwaite	64	34	22	22	24	37	51	79	106	133	126	97	795
Turc	81	49	36	37	45	69	97	133	152	182	167	116	1164
FAO	88	48	33	35	48	81	117	163	185	225	216	139	1378
Penman Monteith	83	46	32	32	42	69	96	131	153	190	183	127	1182

Para estimar os valores do escoamento anuais afluentes à barragem do Vale do Gaio aplicou-se a regressão linear obtida para a série de valores de precipitação anuais e escoamentos anuais entre 1952/53 e 1965/66 em Flor da Rosa com coeficiente de correlação igual a 0.96. Os valores do escoamento mensal foram obtidos aplicando a relação de distribuição dos escoamentos anuais pelos doze meses de cada ano, obtida para a estação do Torrão.

No Quadro 3 apresenta-se a série de precipitações ponderadas (**P**), a série de escoamentos anuais estimados (**E**) e os respectivos coeficientes de escoamento (**C**) da bacia hidrográfica da barragem de Vale do Gaio.

Quadro 3 - Coeficientes de escoamento - Barragem de Vale de Gaio

Ano	E (10³ m3)	E (mm)	P (mm)	C
1952/53	34269	67	494	0.14
1953/54	49287	97	525	0.18
1954/55	143214	281	717	0.39
1955/56	258029	507	952	0.53
1956/57	19251	38	464	0.08
1957/58	63230	124	554	0.22
1958/59	178681	351	790	0.44
1959/60	242179	476	920	0.52
1960/61	143899	283	719	0.39
1961/62	104469	205	638	0.32
1962/63	278429	547	994	0.55
1963/64	259056	509	954	0.53
1964/65	42683	84	512	0.16
1965/66	257344	506	951	0.53
1966/67	70274	138	568	0.24
1967/68	83434	164	595	0.28
1968/69	305628	600	1049	0.57
1969/70	212240	417	858	0.49
1970/71	99626	196	628	0.31
1971/72	54033	106	535	0.20
1972/73	66996	132	561	0.23
1973/74	51342	101	529	0.19
1974/75	45667	90	518	0.17
1975/76	3107	6	431	0.01
1976/77	220410	433	875	0.49
1977/78	203777	400	841	0.48
1978/79	195607	384	824	0.47
1979/80	70568	139	569	0.24
1980/81	0	0	392	0.00
1981/82	61762	121	551	0.22
1982/83	0	0	321	0.00
1983/84	113911	224	657	0.34
1984/85	189884	373	813	0.46
1985/86	91505	180	612	0.29
1986/87	63572	125	554	0.23
1987/88	188905	371	811	0.46
1988/89	45325	89	517	0.17
1989/90	198249	389	830	0.47
MÉDIO	123943	244	656	0.32

A representação da relação entre precipitação na bacia hidrográfica e escoamento na secção da barragem Vale de Gaio permite obter a figura 1.

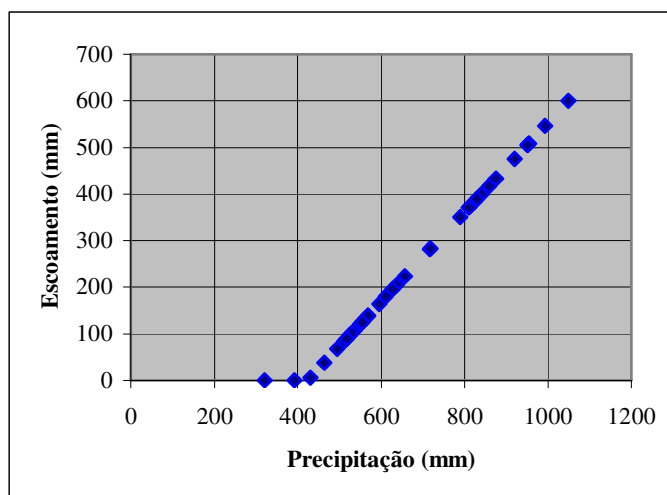


Figura 1 - Relação precipitação/escoamento
Barragem de Vale de Gaio

4 - CARACTERIZAÇÃO DO PLANO DE ÁGUA

A albufeira apresenta uma capacidade de 63 hm³ e inunda uma área de 550 ha para o nível de pleno armazenamento (NPA), ou seja para a cota do espelho de água igual a 40.5 m.

No projecto da barragem foi apresentada graficamente a curva das capacidades da albufeira, permitindo-nos ajustar uma função aos valores apresentados:

$$V = 0.0072962 * (h - 10)^{2.6476}$$

e a relação cota/área inundada, traduzida por:

$$A = 0.0212976 * (h - 10)^{1.6120}$$

em que V representa o volume armazenado em hm³, A a área inundada em km² e h a cota do espelho de água em metro, Figura 2.

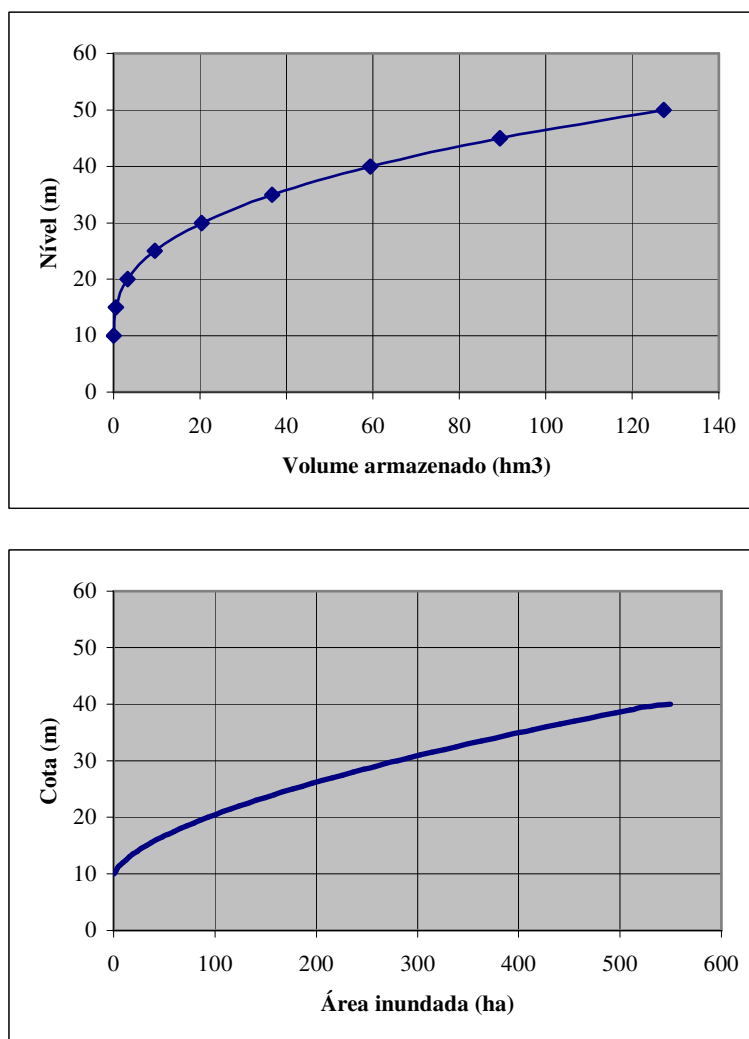


Figura 2 - Relação entre cota/volume armazenado; cota/área inundada na albufeira da barragem de Vale de Gaio

5 - SIMULAÇÃO DA EXPLORAÇÃO DA ALBUFEIRA

Para simulação da exploração da albufeira da Barragem do Vale do Gaio é ainda necessário estimar os volumes a consumir na rega e os volumes evaporados.

Os volumes a consumir pela obra de rega foram estimados como o valor médio dos volumes utilizados para rega no período entre 1989 a 1997, Quadro 4. No entanto foram desprezados os valores consumidos nos anos 1991/92; 1992/93 e 1994/95 por terem sido anos excepcionais em que existiram restrições ao fornecimento provocado pelo esvaziamento quase total da albufeira em 1991.

Quadro 4 - Volumes utilizados para rega (dam³)

Ano hidrológico	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	Total
1989/90					0.0		537.7	6498.0	6601.6	8651.9	8600.2	4203.8	35093
1990/91	362.1						236.3	8188.7	6959.2	8359.8	8200.5	3413.4	35720
1991/92	40.9						66.7	2124.3	1166.7	2014.4	2052.3	933.4	8399
1992/93													
1993/94							1090.6	5403.4	6200.9	7018.5	6456.9	3431.6	29602
1994/95	204.5							351.5	1910.9	1826.0	1881.6	2554.7	8729
1995/96	923.7	2.1					131.2	4737.8	6053.8	7708.0	7382.1	4002.0	30941
1996/97	552.8						764.5	4981.4	4758.9	6860.0	7066.9	4259.4	29244
1997/98	151.7												151.7
Média	398.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	552.1	5961.9	6114.9	7719.6	7541.3	3862.0	32150.3

O cálculo destes caudais a partir das áreas regadas permitiu obter o valor de 32895dam³ para o volume de água consumido pela rega. Este valor é ligeiramente superior ao valor estimado e foi obtido considerando que a área a regar a partir da albufeira da Barragem do Vale do Gaio é 1935 ha, que a área ocupada pelo arroz é aproximadamente 95% da área total e que as necessidades de água para este tipo de cultura atinge 16000 a 18000 m³/ha, valores apresentados no Plano Director Municipal.

Com base nos valores de evaporação em tina, medidos na estação climatológica da barragem do Vale do Gaio (24H/02) afectados dos coeficientes aconselhados para Portugal e apresentados no Quadro 5, obtiveram-se os valores dos volumes evaporados no período entre 1952/53 e 1989/90, apresentados no Quadro 6. Esta hipótese avalia por excesso as perdas por evaporação, mas atenua o facto de terem sido desprezadas as perdas por percolação.

Quadro 5 - Coeficientes de tina

Mês	Coeficiente de tina
Out e Nov	0.7
Dez a Mar	0.6
Abr e Mai	0.7
Jun a Set	0.8

Quadro 6 - Valores da evaporação na albufeira da Barragem do Vale do Gaio (dam³)

Ano Hidrológico	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	TOTAL
1952/53	336	297	130	179	177	333	390	661	876	1101	1175	788	6443
/54	360	237	138	170	204	260	516	564	766	1060	903	838	6016
/55	626	242	179	151	155	249	397	485	737	768	824	910	5721
/56	524	278	185	219	304	184	293	605	943	926	980	535	5977
/57	424	370	202	223	195	239	452	564	709	1142	1185	849	6555
/58	476	315	167	186	234	285	522	658	773	1131	898	598	6243
/59	715	494	173	229	243	249	473	378	731	875	909	528	5998
/60	469	282	145	136	200	227	477	350	766	934	744	702	5432
/61	315	158	162	122	161	358	295	603	726	1068	1133	712	5813
/62	377	283	148	144	296	287	502	904	1025	1318	1445	898	7627
/63	415	294	236	203	152	318	491	815	846	1230	1451	949	7400
/64	684	245	192	225	172	278	522	865	910	1067	1275	904	7340
/65	621	248	174	235	240	349	847			1289	1478	907	6380
/66	329	270	165	155	182	467	484	830	986	1142	1066	983	7060
/67	415	254	153	162	216	381	496	631	1082	1151	1249	884	7075
/68	506	283	259	203	203	313	400	719	1082	1229	1147	812	7156
/69	552	239	167	159	227	287	497	591	802	1302	1314	663	6801
/70	370	253	213	154	244	372	646	711	627	1002	1018	926	6537
/71	643	374	172	148	262	470	271	370	688	880	928	763	5969
/72	584	508	211	200	206	241	605	732	889	883	1068	601	6728
/73	296	222	142	143	263	357	661	624	865	957	1043	793	6369
/74	492	291	215	143	231	323	328	593	696	1405	1368	842	6927
/75	653	336	150	181	180	295	506	649	813	1105	1156	700	6724
/76	430	337	164	184	240	296	368	556	1042	1076	1163	686	6543
/77	335	204	126	149	111	293	548	688	683	957	1009	675	5779
/78	326	208	143	197	186	322	390	481	502	1126	885	744	5511
/79	373	212	128	147	179	246	479	608	892	769	1319	831	6183
/80	324	275	167	194	195	270	505	653	1055	1359	1230	924	7151
/81	540	244	314	324	331	317	386	585	975	1561	1017	845	7439
/82	534	453	235	170	207	464	483	950	1000	964	1234	832	7525
/83	522	259	144	156	207	426	528	563	996	823	1045	1071	6741
/84	629	191	189	211	325	362	359	482	664	1043	1134	867	6456
/85	403	198	150	185	159	371	396	505	795	982	1231	814	6189
/86	531	300	164	166	140	327	391	686	995	1185	1063	631	6579
/87	360	241	157	173	137	313	400	658	1098	1044	1058	827	6465
/88	276	207	97	128	190	342	410	414	578	861	983	983	5468
1988/89	464	157	158	144	238	324	248	476	875	1082	729	697	5591
1989/90	345	188	111	123	167	330	427	523	737	1163	1043	682	5839
Média	463	275	172	177	209	319	458	598	822	1078	1103	795	6467

A análise do balanço hidrológico na albufeira para a série de anos entre 1952/53 e 1989/90, com base nos valores dos escoamentos que afluem à albufeira, os consumos médios e a evaporação estimada, permite-nos determinar a variação da cota da albufeira.

Na Figura 3 é apresentada a variação de cota relativa à série de precipitações disponível tomando como ponto de partida a albufeira com um volume igual a metade do volume

de pleno armazenamento. Este resultado obriga a interrupção de abastecimento para rega em Setembro de 1976; Agosto e Setembro de 1981 e 1983.

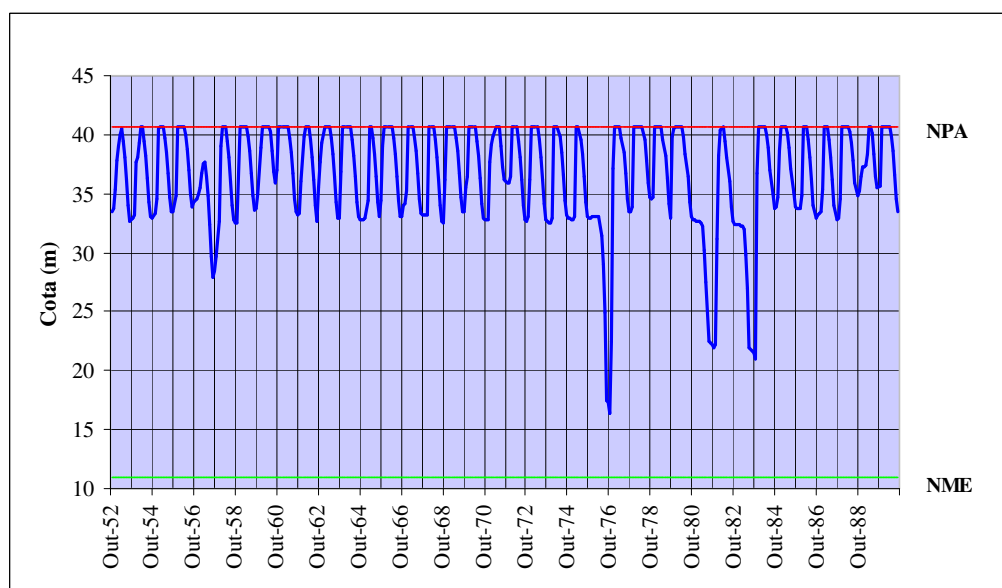


Figura 3 - Variação da cota da albufeira da Barragem do Vale do Gaio para o período de 1952 a 1990

5.1 - SIMULAÇÃO DA EXPLORAÇÃO DA ALBUFEIRA PARA ANO SECO

Com base na série de escoamentos para os 38 anos é possível determinar a estimativa da variação de nível da albufeira com a probabilidade de não ser ultrapassado igual a 10%, Figura 4. Nesta situação não é atingido o nível de pleno armazenamento.

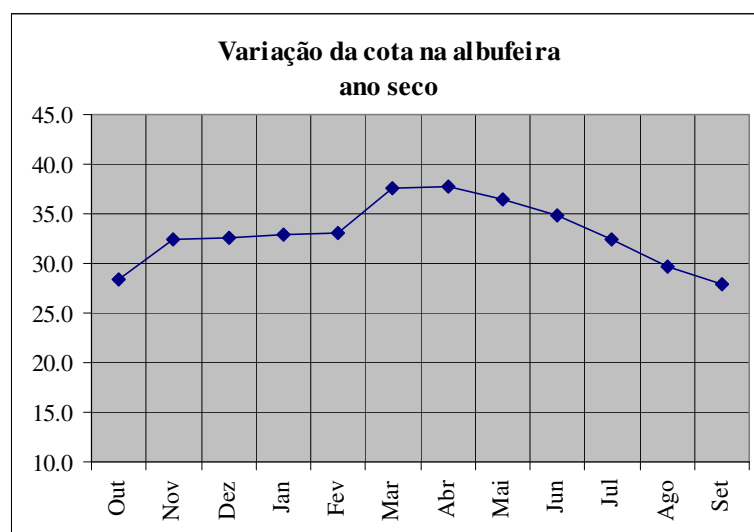


Figura 4 - Variação da cota da albufeira da barragem do Vale do Gaio para o ano seco

5.2 - SIMULAÇÃO DA EXPLORAÇÃO DA ALBUFEIRA PARA ANO MÉDIO

A estimativa da variação de nível da albufeira com probabilidade de não ser ultrapassada igual a 50% é apresentada na Figura 5. Nestas condições o NPA é atingido ao 5º mês do ano hidrológico, havendo necessidade de proceder a descargas até ao mês de Abril.

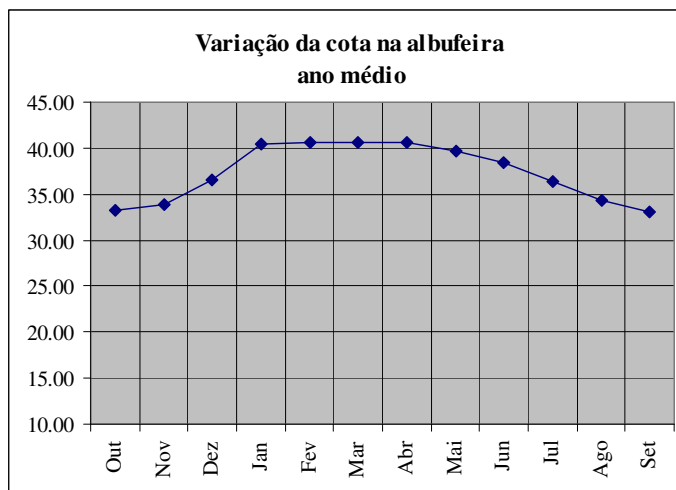


Figura 5 - Variação da cota da albufeira da barragem do Vale do Gaio para o ano médio

5.3 - SIMULAÇÃO DA EXPLORAÇÃO DA ALBUFEIRA PARA ANO HÚMIDO

A estimativa da variação de nível da albufeira com a probabilidade de não ser ultrapassada igual a 90% é apresentada na Figura 6. Nestas condições o NPA é atingido ao 3º mês do ano hidrológico, havendo necessidade de proceder a descargas até ao mês de Maio. As descargas assumem valores com maior expressão.

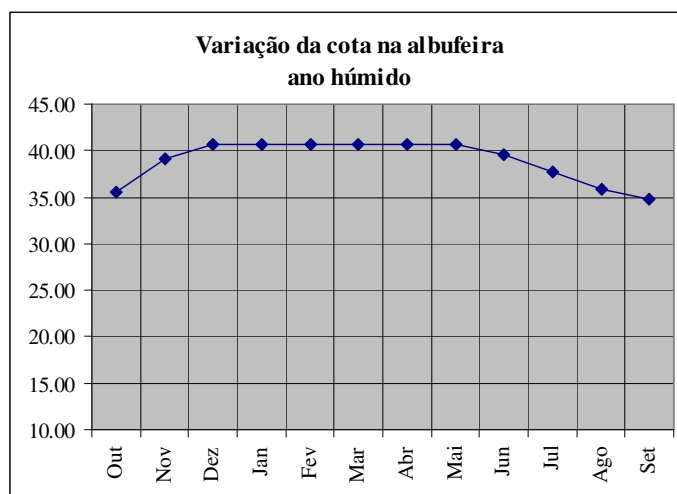


Figura 6 - Variação da cota da albufeira da barragem do Vale do Gaio para o ano húmido

6 - COMPARAÇÃO ENTRE A VARIAÇÃO DA COTA NA ALBUFEIRA ESTIMADA E MEDIDA

Tendo em conta o elevado número de anos de exploração da Barragem do Vale do Gaio e da Obra de Rega do Vale do Sado abastecido pela albufeira, foi possível analisar a variação do plano de água na albufeira através do histórico existente e comparar aos valores estimados.

Os valores da cota do plano de água da albufeira no último dia de cada mês no período compreendido entre Outubro de 1953 e Outubro de 1998, gentilmente disponibilizados pela Associação de Regantes e Beneficiários do Vale do Sado, foram representados na Figura 7, obtendo-se a variação mensal da cota da albufeira.

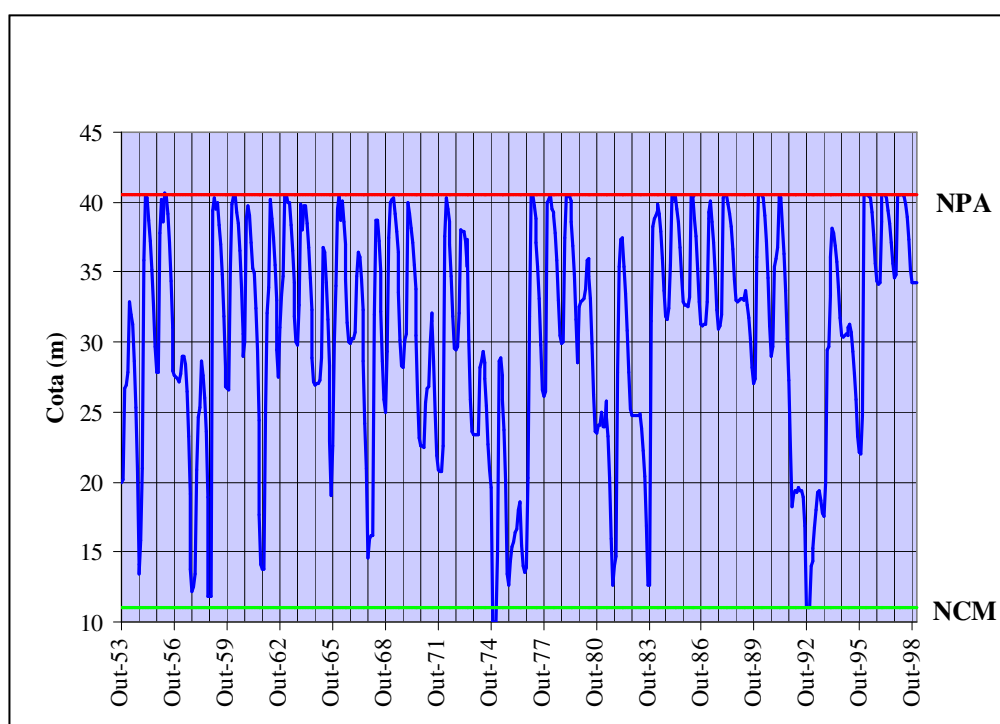


Figura 7 - Variação da cota medida na albufeira da Barragem do Vale do Gaio para o período de 1953 a 1998

A análise da figura permite concluir que o nível de pleno armazenamento foi atingido em aproximadamente metade dos anos hidrológicos. O NPA não foi atingido nos anos em que a precipitação ponderada sobre a bacia hidrográfica foi inferior à precipitação com probabilidade de não ser ultrapassada de 15% (1956/57; 1975/76; 1980/81; 1982/83; 1991/92; 1994/95) e nos anos em que os consumos ou perdas sofreram aumentos excepcionais (1960/61; 1966/67; 1990/91). A cota média foi 30.65 m.

A variação da cota do nível de água verificada na albufeira até ao ano de 1983 deve-se a um consumo exagerado (deficiente gestão da água por parte dos agricultores). A Associação de Regantes e Beneficiários de Vale do Sado foi obrigada a intervir de modo a transmitir aos agricultores a necessidade de diminuir os consumos de água, tendo esta atingido actualmente valores da ordem dos 15000 m³/ha.

No período de 1983 a 1998 a variação da cota na albufeira está de acordo com os valores estimados à excepção do ano 1991, em que foi necessário esvaziar quase totalmente a albufeira. Esse ano foi seguido por dois anos de seca que limitaram o abastecimento ao perímetro de rega em 1991 e impediram o abastecimento em 1992.

Ainda no que diz respeito à previsão das variações do nível da água na albufeira, há que referir que, no âmbito do empreendimento do Alqueva, está prevista a derivação de volumes de água da Bacia Hidrográfica do Guadiana para a albufeira do Vale do Gaio com um máximo de 35hm^3 , permitindo assim diminuir a amplitude da variação da cota nesta albufeira.

BIBLIOGRAFIA

- Serviço Nacional de Informação de Recursos Hídricos, Instituto da Água, Lisboa
- **Exploração das Principais Albufeiras de Portugal Continental, 1990-97.** Instituto da Água, Lisboa.
- Mercês de Mello, F. A. C., 1987. **Um modelo global de simulação contínua para conversão da precipitação em escoamento.** Tese de doutoramento, Universidade de Évora.
- **A obra de rega do vale do Sado no quadriénio de 1955-58.** Associação de Regantes e Beneficiários do Vale do Sado, Alcácer do Sal.
- **Plano Director Municipal de Alcácer do Sal. Estudos de Caracterização Biofísica.** C. M. Alcácer do Sal, 1991/92.
- Temez, J. R., 1977. **Modelo de transformación precipitación – aportación.** ASNEL.