

Estudo do Assoreamento da Albufeira da Venda Nova⁽¹⁾

Por

JOÃO LUÍS CARDOSO*

Palavras-chave: Assoreamento; Albufeira da Venda Nova; estudos sedimentológicos.

Resumo: Estuda-se o enchimento aluvionar processado no fundo da albufeira da barragem de Venda Nova, situada no rio Cávado, que motivou em parte o seu esvaziamento no ano de 1984, para limpeza dos órgãos de descarga.

Efectuou-se colheita de amostras ao longo de um ramo da albufeira correspondente ao vale do rio Borralha, e ao longo do seu eixo principal.

As colheitas foram realizadas à superfície e em cortes existentes nos próprios depósitos, ravinados em consequência do esvaziamento da albufeira, cuja estratigrafia se registou.

Efectuaram-se análises granulométricas e cálculo dos parâmetros estatísticos de Folk e Ward e observações ácerca da morfometria dos grãos de quartzo e da mineralogia da fracção argilosa.

Os resultados obtidos apontam para intensa deposição ao longo do braço da albufeira correspondente ao vale do rio Borralha, na dependência da laboração da mina do mesmo nome. De acordo com os elementos fornecidos pela EDP, que realizou o levantamento topográfico de diversos perfis, ao longo daquele vale, estimou-se em cerca de 300 000 m³ o volume dos sedimentos ali acumulados desde o último esvaziamento total da albufeira, verificado em 1977. Pelo contrário, ao longo do eixo principal da albufeira, observa-se fraca sedimentação apenas contrariada na zona imediatamente a montante da barragem, influenciada pela progressão dos materiais provenientes do braço da albufeira correspondente ao vale do rio Borralha, onde os depósitos atingem cerca de 17 m de espessura.

Tais diferenças de ordem quantitativa, encontram-se reflectidas nas características dos depósitos. Enquanto os materiais depositados ao longo do eixo principal da albufeira evidenciam granulometrias homogéneas, em geral correspondentes a areias finas, os materiais depositados no braço da albufeira correspondente ao vale do rio Borralha são mais heterogéneos, sendo frequente observar, em corte, a alternância entre depósitos grosseiros, essencialmente constituídos por clastos de quartzo com o aspecto de lâminas ou estilhaços, resultante da operação de britagem do minério, e materiais finos, predominantemente siltosos. Tais diferenças explicam-se pela variabilidade das condições do transporte sólido ao longo do ano: intensa erosão subaérea, nos períodos pluviosos, das escombreyras da mina, situadas perto da albufeira, responsável pela deposição dos materiais grosseiros, alternantes com períodos onde predominava a deposição de materiais finos, provenientes directamente dos tanques de decantação da mina.

Abstract: The accumulation of sediment at Venda Nova reservoir (Cavado river) is studied. In 1984, sedimentation was the main cause of the reservoir to be emptied, in order to clean the bottom system of discharge.

Samples were collected at sediment surface and in cuts of freshly emerged deposits, whose stratigraphy is described.

Granulometry, Folk and Ward statistic parameters, morphology of quartz grains and mineralogy of clay fraction were studied.

Results point out to intensive sedimentation along Borralha valley related to mining activities nearby. According to EDP, about 300 000 m³ of sediment were accumulated since previous last emptying in 1977. However, sedimentation is generally weak, along the main axis of the reservoir.

These quantitative differences are related to the types of sediments. While the materials along the main axis are granulometrically homogeneous fine sands, materials from Borralha valley are coarse grained sands, interbedded with silty sands. Such aspect results from seasonal change in subaerial erosion: intense solid transport during rainy periods, directly derived from mine wastes, in alternative with fine sediments from mine's sedimentation tanks, discharged at dry periods. Anyway, the origin of coarse materials was immediately pointed out by the laminated aspect of the quartz grains resulting from ore treatment.

INTRODUÇÃO

A barragem da Venda Nova, situada no rio Rabagão, entrou em funcionamento em Setembro de 1951. Trata-se de uma barragem de betão, tipo misto arco-gravidade, com 97 metros de altura. A área da superfície inundada foi de 400 ha, correspondentes a um volume de armazenamento máximo na albufeira de $94,8 \times 10^6$ m³.

A albufeira apresenta uma forma alongada e é pouco ramificada, possuindo apenas um importante

braço lateral, imediatamente a montante da barragem, na margem esquerda, correspondente ao antigo vale do rio Borralha.

A bacia hidrográfica possuía a área de 342 km² antes da construção da barragem do Alto Rabagão, ficando posteriormente reduzida a uma área de 132 km². Destes, 28,2 km² constituem a bacia hidrográfica do rio Borralha.

(1) Trabalho realizado no Laboratório Nacional de Engenharia Civil (Relatório 139/86-NP).

* Assistente da Secção Aut. de Geologia da FCT da UNL. Quinta da Torre 2825 Monte da Caparica.

Do ponto de vista geológico a bacia hidrográfica é ocupada exclusivamente por afloramentos paleozóicos, ígneos e metamórficos (NORONHA & RIBEIRO, 1983) (fig. 1). Os primeiros são constituídos por granitos sintectónicos e tardi-tectónicos, avultando os granitos de Pisões (de grão médio e grosseiro, de duas micas) e de Montalegre, Pondas e Borralha (granitos porfiróides de grão médio e grosseiro, de duas micas, essencialmente biotíticos). Porém a maior parte da bacia hidrográfica é ocupada por terrenos metassedimentares. Trata-se de extenso afloramento de xistos pelíticos com vários níveis de xistos quartzíticos provavelmente de idade silúrica, que ocupa parte da zona central e

toda a zona meridional e norte ocidental da bacia hidrográfica. Este afloramento encontra-se intersecado por numerosos filões aplito-pegmatíticos, com diversas orientações.

No decurso da sua vida útil, a albufeira apenas sofreu dois esvaziamentos totais (considerados abaixo da cota 620 m): o primeiro em 1977 e o segundo em 1984.

Foi durante este último, motivado em parte por dificuldades de funcionamento dos órgãos de descarga (facto que se admite resultante do intenso assoreamento da albufeira, na zona imediatamente a montante da barragem), que se procedeu aos trabalhos de campo que possibilitaram o estudo

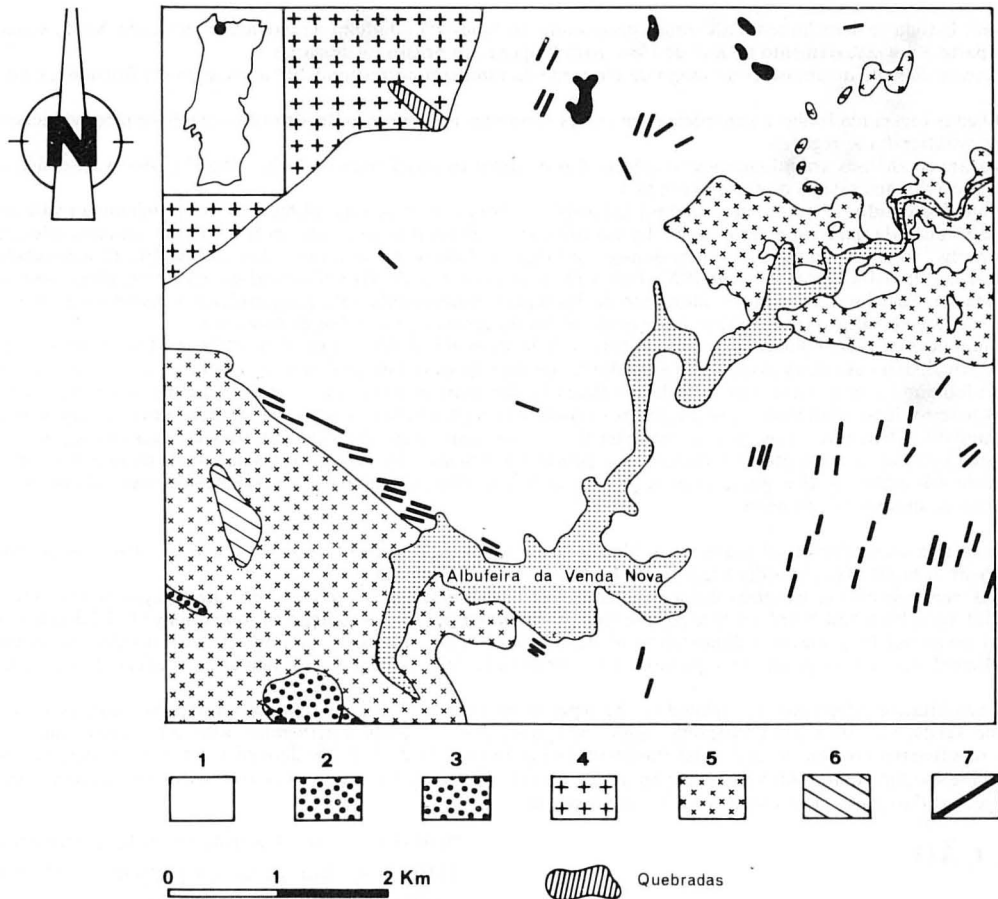


Fig. 1 — Enquadramento geológico da zona da albufeira da Venda Nova. (Seg. levantamentos de J. Ávila Martins e F. Noronha, simplificado).

- 1 — Xistos pelíticos com raros níveis de xistos quartzíticos (Silúrico provável);
- 2 — Xistos pelíticos com abundantes níveis de xistos quartzíticos (Silúrico provável);
- 3 — Granito leucocrata de grão médio com granadas, pós-tectónico (Granito de Penedos);
- 4 — Granito porfiróide ou de tendência porfiróide de grão grosseiro a médio, pós-tectónico (Granito do Gerês);
- 5 — Granitos porfiróides, de grão médio a grosseiro, de duas micas, essencialmente biotíticos, sintectónicos (Granitos de Montalegre, Pondas e Borralha);
- 6 — Granito de grão médio a grosseiro, de duas micas, sintectónicos (Granito de Pisões);
- 7 — Filões e massas aplito-pegmatíticos e básicos.

agora apresentado. Este beneficiou dos levantamentos topográficos realizados pela EDP, a partir dos quais se calculou o volume de materiais acumulados na albufeira e se localizaram rigorosamente as amostras de sedimentos colhidas.

Com efeito, o esvaziamento de uma grande albufeira, é sempre uma excelente ocasião para o estudo "in loco" das características físicas e disposição dos materiais acumulados no fundo, tanto mais premente quanto maior fôr a interferência do fenómeno no funcionamento da obra (CARDOSO, 1984). Tal era a situação da barragem da Venda Nova em 1984 antes do seu esvaziamento.

Esta operação motivou a deslocação de uma equipa do LNEC, que permaneceu no local uma semana antes da data do início do enchimento, durante a qual se procurou obter amostragem o mais completa possível dos sedimentos que se acumularam no fundo da respectiva albufeira. Tal amostragem possibilitou, de acordo com o programa previamente definido, a identificação das características físicas, químicas e mineralógicas dos depósitos, através de recolhas superficiais e também a observação directa da sua estratigrafia, completada por colheitas em cortes. Umas e outras, foram localizadas de acordo com os perfis topográficos realizados pela EDP.

O interesse particular deste estudo reside no facto do problema do assoreamento da albufeira de Venda Nova estar directamente dependente da exploração da mina da Borralha, cujos efluentes atingem directamente este rio, a partir das instalações de lavagem do minério e, por erosão hídrica, a partir das escombrelas da mina, situadas próximo da albufeira. Só assim se poderão admitir granulometrias do tipo das encontradas, atendendo a que, das provenientes dos tanques de decantação, as de maior dimensão apenas atingem 0,5 mm (informação de Eng.º Paulo Bravo, da EDP).

TRABALHOS REALIZADOS

Colheita de amostras

No decurso dos trabalhos de campo, procurou-se realizar amostragem o mais completa possível no braço correspondente ao vale do rio Borralha, já que era a zona da albufeira mais intensamente assoreada, pelas razões atrás expostas. Desta forma, além da amostragem superficial, executaram-se vários cortes estratigráficos, localizados ao longo

dos perfis topográficos executados pela EDP. Estes trabalhos foram completados na zona do eixo principal da albufeira por outros cortes estratigráficos e igualmente por amostras de superfície, possibilitando assim uma apreciação global das características gerais dos depósitos acumulados.

A localização dos perfis das colheitas no braço do rio Borralha representa-se na figura 2. De montante para jusante, o primeiro perfil situa-se a 80 m a jusante da ponte da estrada para Ruivães (perfil P1 do levantamento topográfico da EDP). Daí para jusante, amostraram-se mais quatro perfis, afastados entre si de 250 m a 490 m. Os resultados obtidos sumarizaram-se no Quadro I.

No primeiro perfil (P1), as colheitas efectuaram-se na encosta esquerda; todas as amostras provêm do corte estratigráfico ali efectuado.

No segundo perfil (P4) situado 250 m a jusante do anterior, realizaram-se colheitas em ambas as encostas, tendo-se procedido também à amostragem de um corte visível na encosta direita.

No perfil seguinte (P8) distanciado do anterior 260 m, a amostragem realizada consistiu em materiais colhidos na camada imediatamente subjacente à que constitui a superfície dos depósitos. Na parte inferior das margens esquerda e direita, foi possível a observação de cortes estratigráficos, mais completo o da margem esquerda, cuja amostragem se realizou igualmente.

A disposição das camadas é no geral bandada e sub-horizontal, sendo evidenciada pela alternância de coloração clara-escuro que apresentam. Por vezes observam-se figuras sedimentares (cross-bedding).

Ao longo do perfil (P12), situado 350 m a jusante do anterior procedeu-se apenas a amostragem na encosta esquerda, constituída por sedimentos de superfície (amostras 1 a 5) e recolhidos em corte observado na base da referida encosta, constituído por 13 camadas sucessivas.

O perfil seguinte (P16) localiza-se 490 m a jusante do anterior; colheram-se amostras em ambas as encostas do rio Borralha, consistindo em materiais de superfície e em materiais acumulados na base da encosta direita, que constituem depósitos cuja estratigrafia foi possível definir.

Nas colheitas realizadas no eixo da albufeira, privilegiaram-se os locais, que possibilitaram observações estratigráficas; tais locais, contudo, eram agora em número muito menor, visto a espessura dos depósitos acumulados ao longo do eixo princi-

QUADRO I

Matéria orgânica, composição fundamental e parâmetros granulométricos das amostras colhidas

Corte/Camada *	Matéria orgânica (%)	Composição fundamental (%)**			Parâmetros granulométricos			
		< 0,002 mm	< 0,062 mm	< 2,00 mm	Me ϕ	Md ϕ	$\sigma 1$	
Amostras colhidas 80 m a jusante da ponte da estrada para Ruivães (perfil P1 do levantamento topográfico da EDP)	C9	-	-	19,5	71,6	+2,67	+2,10	+2,7
	C8	-	-	0,8	47,6	-0,81	-1,24	+2,02
	C7	-	-	3,0	100,0	+2,21	+2,20	+0,87
	C6	-	-	32,3	100,0	+3,53	+3,90	+0,59
	C5	-	-	17,2	100,0	+3,05	+3,00	+0,95
	C4	-	-	15,2	100,0	+3,08	+3,05	+0,90
	C3	-	-	18,9	91,0	+2,64	+3,05	+1,87
	C2	-	-	1,1	57,5	-0,54	-0,7	+2,05
	C1	-	-	17,7	83,6	+1,97	+2,76	+2,48
Amostras colhidas 260 m do perfil anterior (perfil P4 do levantamento topográfico da EDP)	C4	-	-	0,9	59,8	-0,23	-0,40	+1,92
	C3	-	-	1,0	26,2	-1,78	-2,15	+1,70
	C2	-	-	0,7	64,6	-0,61	-0,60	+1,29
	C1	-	-	50,6	100,0	+3,83	+4,00	+0,80
	1	-	-	39,4	79,4	+2,10	+3,52	+2,67
	2	-	-	31,3	100,0	+3,57	+3,65	+0,75
	3	4,9	0	73,8	100,0	+4,64	+4,24	+1,47
	4	-	-	62,1	100,0	+4,10	+4,25	+0,75
	5	-	-	11,5	100,0	+3,13	+3,25	+0,75
	6	-	-	8,4	100,0	+2,69	+2,76	+0,92
7	-	-	0,1	57,2	-0,38	-0,50	+1,99	
Amostras colhidas 260 m a jusante do perfil anterior (perfil P8 do levantamento topográfico da EDP)	C4d	1,0	-	23,9	100,0	+2,76	+2,80	+1,44
	C3d	-	-	39,5	100,0	+3,80	+3,75	+1,18
	C2d	-	-	0,4	48,9	-0,85	-1,15	+2,07
	C1d	1,7	-	2,8	91,8	+1,73	+1,95	+1,58
	C6e	5,4	3,4	59,0	100,0	+4,31	+4,15	+1,21
	C5e	-	-	1,9	41,5	-1,08	-1,75	+2,16
	C4e	4,8	2,6	75,1	100,0	+4,91	+4,40	+1,54
	C3e	-	-	0,9	49,2	-0,82	-1,12	+2,00
	C2e	-	-	28,9	100,0	+3,43	+3,45	+0,81
	C1e	-	-	25,7	100,0	+2,40	+2,35	+1,89
	1	4,0	2,0	28,7	100,0	+4,41	+3,85	+1,53
2	-	-	16,7	100,0	+3,05	+3,00	+0,94	
Amostras colhidas 350 m a jusante do perfil anterior (perfil P12 do levantamento topográfico da EDP)	C13	-	-	0,1	51,7	-0,63	-0,90	+2,05
	C12	3,8	-	93,7	100,0	+5,90	+5,50	+1,84
	C1	0,7	-	4,0	68,4	-0,10	-0,25	+2,07
	C10	-	-	15,5	76,3	+1,37	+1,86	+2,54
	C9	-	-	2,9	52,7	-0,52	-0,82	+2,26
	C8	3,02	2,1	75,0	100,0	+4,75	+4,25	+1,50
	C7	-	-	13,8	100,0	+3,36	+3,40	+0,76
	C6	4,4	12,0	86,3	100,0	+5,90	+5,75	+2,01
	C5	-	-	0,8	77,4	+0,22	+0,45	+1,68
	C4	4,2	5,0	71,8	100,0	+5,11	+4,50	+1,78
	C3	4,2	5,0	78,9	100,0	+5,20	+4,80	+1,86
	C2	-	-	16,2	100,0	+2,83	+2,80	+1,12
	C1	18,9	-	17,0	88,1	+1,83	+2,05	+2,13
	1	27,0	-	15,8	83,6	+1,39	+1,57	+2,25
	2	6,7	17,0	87,8	100,0	+6,00	+6,00	+2,50
	3	8,2	20,0	88,2	100,0	+6,50	+6,00	+2,40
4	-	-	37,5	76,6	+2,15	+3,25	+2,69	
5	4,7	10,0	95,9	100,0	+6,30	+6,00	+1,75	
Amostras colhidas 490 m a jusante do perfil anterior (perfil P16 do levantamento topográfico da EDP)	C8	-	-	9,2	100,0	+2,91	+2,87	+0,68
	C7	-	-	14,5	100,0	+3,11	+3,15	+0,73
	C6	-	-	16,8	100,0	+2,93	+2,86	+0,82
	C5	3,1	-	65,6	100,0	+4,15	+4,20	+0,83
	C4	-	-	2,3	100,0	+2,66	+2,65	+0,57
	C3	-	-	0,4	46,1	-0,69	-1,30	+2,43
	C2	-	-	2,6	77,5	+0,41	+0,65	+1,85
	C1	3,7	37,0	70,6	100,0	+4,92	+4,17	+1,99
	1	-	-	6,4	75,6	+0,87	+1,25	+2,33
	2	3,1	-	19,2	80,6	+1,67	+2,20	+2,42
	3	-	-	20,4	83,8	+1,70	+1,80	+2,55
	4	4,5	16,0	84,3	100,0	+6,44	+6,32	+2,43
	5	-	-	62,5	100,0	+4,22	+4,50	+1,18
	6	3,6	-	96,6	100,0	+7,00	+6,75	+2,33
7	2,0	-	37,9	94,6	+2,57	+2,77	+2,00	
8	6,5	21,0	94,8	100,0	+7,08	+7,00	+2,01	
9	6,6	11,0	84,1	100,0	+6,63	+6,60	+2,13	
Amostras colhidas 50 m a montante da barragem na margem direita	C4	-	-	1,4	100,0	+2,40	+2,35	+0,44
	C3	2,7	6,5	50,5	100,0	+4,41	+4,00	+1,79
	C2	0,4	-	1,4	59,0	-0,36	-0,50	+1,82
	C1	10,3	9,8	95,3	100,0	+6,70	+6,35	+2,95
Amostras colhidas 2000 m a montante da barragem, em afluente da margem direita, a jusante da antiga ponte da Venda Nova	C9	10,1	31,0	89,5	100,0	+7,65	+7,65	+2,21
	C8	7,5	20,0	79,1	100,0	+6,02	+5,82	+3,00
	C7	8,3	21,0	82,1	100,0	+6,51	+6,15	+2,49
	C6	-	-	5,4	69,5	+0,46	+0,50	+2,30
	C5	17,2	-	26,5	100,0	+2,55	+3,05	+1,85
	C4	4,4	-	12,9	86,2	+1,35	+1,40	+1,93
	C3	-	-	13,8	100,0	+1,46	+1,18	+1,79
	C2	-	-	1,3	63,6	-0,68	-0,75	+0,97
	C1	10,7	17,0	72,0	100,0	+5,93	+5,15	+2,56
Amostras colhidas a cerca de 6150 m a montante da barragem na margem direita da albufeira, a jusante da ponte de S. Fins-Currais	C11	-	-	40,5	100,0	+3,63	+3,82	+0,72
	C10	-	-	2,1	100,0	+2,26	+2,30	+0,89
	C9	-	-	3,8	100,0	+2,47	+2,55	+0,81
	C8	-	-	1,8	100,0	+2,36	+2,40	+0,75
	C7	-	-	19,7	100,0	+2,79	+2,75	+1,24
	C6	-	-	30,1	100,0	+3,59	+3,82	+0,79
	C5	-	-	22,9	100,0	+3,50	+3,66	+0,62
	C4	-	-	24,7	100,0	+3,66	+3,75	+0,48
	C3	-	-	71,6	100,0	+4,63	+4,65	+0,99
	C2	3,1	3,1	37,8	100,0	+4,60	+4,20	+1,17
C1	-	-	67,1	100,0	+4,13	+4,16	+0,41	
Colheitas superficiais realizadas ao longo do eixo principal da albufeira	1	0,5	-	7,4	100,0	+2,89	+2,85	+0,75
	2	9,5	18,5	95,4	100,0	+7,63	+7,35	+1,66
	3	-	-	63,8	100,0	+4,24	+4,25	+0,85
	4	-	-	4,4	100,0	+2,25	+2,25	+0,95
	5	-	-	6,8	100,0	+2,77	+2,70	+0,63
	6	2,5	12,0	87,0	100,0	+5,72	+5,30	+2,18
	7	-	-	75,4	100,0	+4,41	+4,65	+1,54
	8	-	-	63,0	100,0	+4,27	+4,25	+0,83
	9	7,6	3,6	97,6	100,0	+8,07	+7,87	+1,88

* A descrição litostratigráfica de cada corte encontra-se no Relatório interno 136/86-Np — “Estudo do assoreamento da albufeira da Venda Nova”, Lab. Nac. Eng. Civil, Lisboa, 1986.

** Percentagens acumuladas

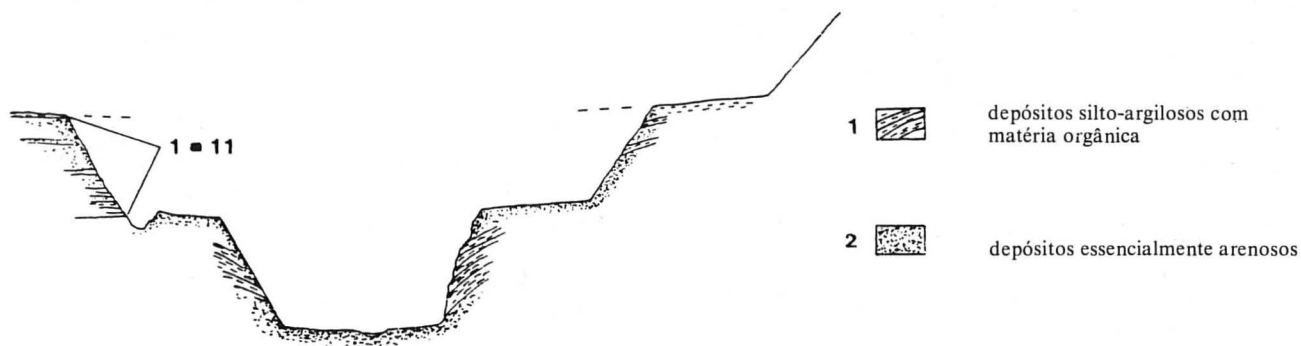


Fig. 3 — Corte dos depósitos observado junto à ponte de S. Fins — Currais.

pal da albufeira ser também muito inferior à observada anteriormente.

As recolhas iniciaram-se de jusante para montante, localizando-se sucessivamente, a:

- 50 m a montante da barragem, na margem direita da albufeira;
- 2000 m a montante da barragem, em afluente da margem direita, a jusante da antiga ponte da Venda Nova;
- 6150 m a montante da barragem, na margem direita da albufeira a jusante da ponte actual de S. Fins - Currais.

No último corte observado, à semelhança dos anteriores, os depósitos acumulados no decurso do funcionamento da albufeira, foram ravinados aquando do seu esvaziamento. Originalmente, os depósitos estendiam-se, portanto, de uma a outra margem. Os diversos degraus observados, cujo esboço se apresenta na figura 3, correspondem certamente a estádios de esvaziamento, tal como tinha sido observado no sector da albufeira correspondente ao vale do rio Borralha.

Além das colheitas referidas, recolheram-se superficialmente, ao longo do eixo principal da albufeira, a intervalos de 80 m, a partir da barragem para montante, 8 amostras do fundo da albufeira; uma última amostra foi colhida cerca de 2000 m a montante da barragem, junto da antiga ponte da Venda Nova.

Granulometria das amostras

Os resultados das análises granulométricas realizadas, sumarizam-se no Quadro I no qual, além da composição granulométrica, se apresentam alguns parâmetros que permitem caracterizar as amostras. São eles a *média* ($Me \phi$), a *mediana* ($Md \phi$) e

o *desvio padrão* (σI), calculados a partir das expressões de FOLK & WARD (1957, *In* SUGUIO 1973).

Mineralogia e morfoscopia da fracção arenosa

De granulometria muito variável, conforme ficou evidenciado pelas curvas granulométricas construídas, nas amostras colhidas no braço da albufeira correspondente ao vale do rio Borralha, a biotite, a moscovite e o quartzo são os minerais essenciais. Outros minerais, como a turmalina e o feldspato ocorrem em número muito reduzido de amostras, bem como grãos de litoclastos, essencialmente constituídos por rochas filitosas. Estes surgem apenas frequentemente na fracção grosseira, superior a 2 mm, contrastando o seu aspecto mais ou menos rolado, com a forma angulosa, sempre evidenciada pelos grãos de quartzo os quais possuem muito frequentemente o aspecto de lascas ou estilhaços.

A mineralogia das amostras colhidas ao longo do eixo principal da albufeira, não difere grandemente das anteriores. A fracção arenosa, em geral superior à observada anteriormente, é constituída essencialmente por quartzo, moscovite e biotite, sendo raras as amostras que mostram a presença de outros minerais, como feldspato ou turmalina. Algumas amostras apresentam-se quase exclusivamente constituídas por litoclastos de rochas filitosas, evidenciando uma dependência directa da fonte de alimentação. A morfoscopia dos grãos de quartzo, mostra tratar-se de elementos essencialmente angulosos, ao contrário dos litoclastos e feldspatos que, por terem menor resistência, apresentam-se frequentemente sub-rolados e rolados. Por não possuírem em geral fracções superiores a 2,00 mm,

não se pôde evidenciar o aspecto estilhaçado dos grãos de quartzo, observado nas amostras colhidas no braço da albufeira correspondente ao rio Borralha. Apenas no corte realizado a 50 m a montante da barragem se notam influências dos materiais dali provenientes.

Mineralogia da fracção argilosa

Foram efectuados no LNEC registos difractorométricos de amostras argilosas, tendo sido utilizada a radiação $K\alpha$ do cobre.

Os difractogramas apresentam, de um modo geral, um fundo intenso, acusando um teor relativamente elevado de compostos de ferro, e inúmeras reflexões muito fracas e por vezes mal definidas indicando compostos em pequena proporção e mal cristalizados. Este facto dificultou, naturalmente, a identificação de todos os minerais existentes. Em particular não se pode ser conclusivo quanto à presença de caulinite, pois as suas reflexões são mascaradas pelas da clorite, e não é fácil distinguir entre mica e ilite, dada a sua fraca proporção.

No Quadro II reúnem-se os resultados da interpretação dos difractogramas das amostras. A notação utilizada pretende indicar, se bem que de modo

apenas aproximado, a proporção relativa dos diferentes minerais detectados por comparação das intensidades relativas das suas reflexões.

INTERPRETAÇÃO DOS ESTUDOS SEDIMENTOLÓGICOS EFECTUADOS À LUZ DO FUNCIONAMENTO DA BARRAGEM

Amostras colhidas no braço da albufeira correspondente ao vale do rio Borralha

De acordo com os resultados expressos no Quadro 1, os valores da média ($Me \emptyset$) e da mediana ($Md \emptyset$), indicam tratar-se de depósitos essencialmente arenosos finos (22 amostras) a siltosos (20 amostras). As amostras correspondentes a areias grosseiras são 14 e a areias médias 9. Por fim, identificaram-se apenas duas amostras constituídas por materiais mais grosseiros cuja média e mediana caem dentro das granulometrias correspondentes a seixos finos.

Quanto ao zonamento dos depósitos, neste sector verifica-se um aumento geral da percentagem de finos para jusante; contudo não se deve atribuir demasiada importância a este aspecto visto parte destas amostras corresponderem a materiais colhi-

QUADRO II

Composição mineralógica das fracções argilosas das amostras analisadas

Minerais cristalinos	(3) 9	(2) 4	(5) C ₂	(4) C ₈	(4) C ₁	(1) C ₁	P.8/ 1	P.12/ /3	P.12/ /C ₁₂	P.12/ /C ₈	P.12/ /C ₆	P.12/ /C ₃	P.16/ /C ₁	P.16/ /6
Montmorilonite	Vtg	+	Vtg	Vtg	+	Vtg	++	Vtg	+++	Vtg	+	+++	++	++
Clorite	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Caulinite (?)	+	+	+	Vtg?	+	+	+	+	Vtg	Vtg	+	+(+)	+	+
Ilite (e/ou mica)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Minerais interstratificados	+	+	+	+	+	+	Vtg	+	+	+	Vtg	+	Vtg	Vtg
Quartzo	+	+	+	Vtg	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Feldspato	+	?	+	Vtg	Vtg	+	?	+	?	Vtg	Vtg	?	Vtg	Vtg
Hematite (Fe ₂ O ₃)	-	-	-	?	?	?	?	-	-	-	-	?	-	?
Magnetite (Fe ₃ O ₄)	?	?	?	?	?	?	?	Vtg	?	Vtg	Vtg	Vtg	?	?
Goetite (α FeO(OH))	+	+	Vtg	+	+	+	+	Vtg	Vtg	+	Vtg	+	Vtg	+
Lepidocrocite (γ FeO(OH))	Vtg	-	-	-	?	?	Vtg	Vtg	?	-	?	-	-	Vtg
Gibbsite (Al(OH) ₃)	+	+	+	+	+	+	+	+(+)	+	+	+	+	+	+

Notação utilizada

Vtg — Vestígios

? — Presença duvidosa

+ — Proporção muito fraca

++ — Proporção fraca

+++ — Proporção relativamente elevada

(1) — corte realizado 50 m a montante da barragem, na margem direita da albufeira.

(2) — amostra colhida a 420 m a montante da barragem.

(3) — colheita efectuada junto à antiga ponte da Venda Nova a cerca de 2000 m a montante da barragem.

(4) — corte realizado a cerca de 2000 m a montante da barragem na margem direita da albufeira, em afluente a jusante da antiga ponte da Venda Nova.

(5) — corte realizado a cerca de 6150 m a montante da barragem, na margem direita da albufeira, a jusante da ponte S. Fins-Currais.

dos superficialmente. Como é sabido, no decurso do esvaziamento de uma albufeira originam-se alterações drásticas na dinâmica do transporte, caracterizado, por outro lado, por grande variabilidade das características hidráulicas de acordo com o local da albufeira considerado, as quais condicionam a granulometria dos depósitos. Considerando apenas materiais colhidos em cortes estratigráficos, conclui-se que a granulometria não evidencia diferenças apreciáveis de montante para jusante. Com efeito, se os depósitos finos, com médias correspondendo a dimensões inferiores a 0,062 mm estão ausentes na zona mais a montante (perfis P1 e P4 do levantamento topográfico da EDP) já no troço médio e inferior deste braço da albufeira, as variações percentuais encontradas para amostras deste tipo, relativamente ao número total das amostras, são pouco significativas: 20%, 33% e 25% respectivamente nos perfis P8, P12, e P16 do levantamento topográfico da EDP.

No que respeita ao grau de calibração das amostras, expresso através do valor do respectivo desvio padrão (σ), verificou-se que todas as amostras recolhidas neste braço da albufeira correspondem a amostras muito pobremente calibradas (25), e moderadamente calibradas (15). Considerando apenas as amostras recolhidas nos cortes estratigráficos observados, os resultados são os seguintes:

amostras muito pobremente calibradas: 13;
amostras pobremente calibradas: 19;
amostras moderadamente calibradas: 13;

Também não se evidenciam quaisquer variações significativas no grau de calibração dos materiais de montante para jusante; para este parâmetro, pelo contrário, obtiveram-se valores bastante aleatórios, independentemente do local considerado.

Os resultados das análises granulométricas apontam, pois, para materiais sujeitos a uma selecção por transporte praticamente nula; este facto, conjugado com a ausência de variações granulométricas, globalmente consideradas, de montante para jusante, indica origem muito próxima para o material, donde proviria abundantemente. Com efeito, de acordo com os perfis topográficos levantados em 1984 pela EDP, esta empresa estimou em 300 000 m³ o volume dos sedimentos que, desde o esvaziamento total de 1977, aí se acumularam⁽²⁾ (informação do Eng.º Paulo Bravo).

Este valor corresponde ao assoreamento específico de 1520 m³/km².ano, considerando que a área

da bacia hidrográfica correspondente a este troço da albufeira é de 28,2 km². Não se possuem quaisquer elementos de comparação para este resultado a Norte do rio Douro. A Norte do rio Tejo, os valores determinados variam entre 23 m³/km².ano (B. Burgães) e 400 m³/km².ano (B. da Idanha) com um valor intermédio de 320 m³/km².ano determinado na barragem de Santa Luzia (ROCHA, 1980). Ressalvam-se eventuais imprecisões destes resultados, pelo facto de serem baseados em levantamentos topográficos anteriores à construção das barragens os quais, além de inevitáveis imprecisões (trata-se em geral de plantas à escala de 1/5000), não traduzem naturalmente as alterações à topografia do terreno resultantes da própria construção.

Aceitando estes valores como base de comparação, conclui-se que o assoreamento da albufeira da Venda Nova só pode ser consequência de acção antrópica intensa, actuando nas imediações da albufeira.

Tal acção corresponde, com efeito, à actividade da mina de estanho e molibdénio da Borralha, localizada a cerca de 1300 m SSE do extremo da albufeira.

De acordo com informação prestada pela EDP, são descarregados anualmente nesta, após passagem pelos tanques de decantação, cerca de 6000 t de materiais que não excedem o diâmetro de 0,5 mm, tratando-se essencialmente de materiais finos⁽³⁾. Admitindo para estes materiais um peso específico aparente (γ_t) de 1,4 t/m³, obtido por comparação com materiais de granulometria análoga, chega-se ao valor de 4300 m³/ano, como sendo o volume de materiais anualmente descarregados na barragem provenientes dos tanques de decantação. O volume restante de materiais que anualmente atingem a albufeira (cerca de 38 500 m³) resultarão da erosão normal verificada na bacia hidrográfica (correspondendo esta a fraca contribuição, atendendo à intensa arborização nela existente) e, sobretudo, da erosão das escombrelas da própria mina. Com efeito, trata-se de materiais incoerentes depositados em pilhas, que facilmente são removidos da sua posição de equilíbrio pela acção do impacto dos pingos de chuva e posterior-

(2) O esvaziamento total da albufeira operado em 1984, pôs a descoberto o antigo leito do rio Borralha antes da construção da barragem, constituído por grandes blocos graníticos. Tal operação removeu quase por completo os depósitos acumulados no fundo da albufeira, dos quais apenas se conservaram vestígios no encontro de ambas as margens. Este aspecto ter-se-ia igualmente observado em 1977, razão que levou a considerar posteriores a essa data os depósitos acumulados na albufeira, cujo volume foi agora estimado.

(3) Informação pessoal do Eng.º Paulo Bravo.

mente arrastados pelas águas de escorrência superficial ao longo dos sulcos produzidos no decurso de chuvadas violentas.

Devido às acções de arrastamento mencionadas, mesmo partículas com dimensões superiores a 0,5 mm podem ser transportadas, atingindo a albufeira, o que é facilitado pela proximidade das escombrelas. Em períodos de maiores precipitações o arrastamento é mais intenso, depositando-se então na albufeira elementos grosseiros que podem atingir o tamanho de seixos. Em períodos de precipitações mais reduzidas como são os que caracterizam, de acordo com o Quadro III, a época estival da região em estudo (D.G.R.A.H., 1977-78), a erosão reduz-se a um mínimo, prevalecendo a deposição de materiais muito finos, provenientes essencialmente dos tanques de decantação das instalações mineiras.

QUADRO III

Posto udográfico da Venda Nova
Precipitação média mensal de 37 anos

Meses	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.
Precipitação (mm)	181,7	256,4	265,1	329,5	295,0	268,4	156,0	150,8	84,1	32,0	38,8	100,3

A estratigrafia dos depósitos na zona da albufeira que agora nos ocupa, reflecte exactamente aquele fenómeno de alternância nas condições de transporte e sedimentação sendo bem evidenciado no Quadro I, onde a variação entre amostras grosseiras e finas, se faz frequentemente de forma brusca.

As considerações anteriores encontram confirmação no estudo morfoscópico dos grãos de quartzo: estes, desde as pequenas dimensões correspondentes a areia fina (0,06 mm - 0,2 mm) até aos seixos de dimensões medianas (6 - 20 mm), ou ainda superiores, apresentam fraturas frescas, com arestas cortantes, por vezes com o aspecto de estilhaços laminares resultantes das operações de preparação do minério. Apenas grãos mecanicamente menos resistentes, constituídos por agregados filtosos e de feldspato, se apresentam mais ou menos rolados.

A mineralogia da fracção argilosa, mostra-se no Quadro II, relativamente às oito amostras analisadas provenientes deste sector da albufeira. Trata-se de materiais em geral mal cristalizados, cuja identificação foi ainda dificultada pela confusão possível entre os picos de alguns deles, nos difractogramas. De qualquer modo, vistos globalmente, evidencia-se uma predominância da montmorilonite, estando

a caulinite e a illite (e/ou mica) presentes também na totalidade deles. Salienta-se igualmente a presença sistemática de minerais de ferro representados por vários compostos, embora sempre em pequenas quantidades.

Amostras colhidas ao longo do eixo principal da albufeira

No Quadro I referem-se as colheitas efectuadas ao longo do eixo principal da albufeira. Nos três cortes estratigráficos ali realizados, correspondentes a um total de vinte e quatro amostras, verifica-se uma diminuição constante dos materiais finos, à medida que o afastamento ao eixo da barragem aumenta. As potências das camadas só mostram

valores significativos nos locais de confluência com linhas de água tributárias do curso principal. Quanto às amostras superficiais, colhidas quase exclusivamente na zona imediatamente a montante da barragem, são constituídas sobretudo por materiais finos (médias e medianas correspondentes granulometricamente a siltes). Não ocorrem, nesta zona, amostras grosseiras, com médias e medianas dentro da granulometria da areia grossa, ao contrário do que tinha sido observado nas "Amostras colhidas no braço da albufeira correspondente ao vale do rio Borralha", facto que evidencia não ter a presença da mina da Borralha significativa influência no depósito dos materiais aqui processado. Tal influência é apenas notória no sector imediatamente a montante da barragem, onde os sedimentos atingiam a espessura de cerca de 17 m diminuindo rapidamente para montante. Desta forma, o cálculo do volume de sedimentos acumulados neste sector da albufeira, assume dificuldades de interpretação particulares, sendo consequência dois fenómenos distintos: a deposição de materiais de montante, resultantes da erosão da bacia hidrográfica; e a acumulação de materiais resultantes da exploração mineira, sendo estes, ao contrário do observado mais a montante, largamente excedentários sobre

aqueles. Este desequilíbrio é acentuado pela retenção de sedimentos na barragem do Alto Rabagão, cujo volume, de momento, se ignora. Esta conclusão encontra confirmação no estudo de C. VALE (1982). Analisando a distribuição do cobre nas águas da albufeira, concluiu que as concentrações deste metal, cuja presença se deve à exploração da mina da Borralha, atingiam valores mais elevados na zona mais próxima da fonte poluidora, isto é, no braço da albufeira do rio Borralha e no sector imediatamente a montante da barragem, já no eixo principal da albufeira.

CONCLUSÕES

Este estudo permitiu caracterizar a natureza e confirmar a proveniência dos depósitos acumulados na zona terminal da albufeira da barragem de Venda Nova, situada no rio Rabagão.

De acordo com os perfis topográficos realizados pela EDP, em 1984, estimou-se em 300 000 m³ o volume de sedimentos que desde 1977 (data do último esvaziamento total), se acumularam no braço da albufeira correspondente ao rio Borralha, cujos depósitos atingiam a espessura máxima de cerca de 15 m. Tal valor corresponde à perda de solo específica média anual de 1520 m³/km².ano na bacia hidrográfica daquele rio, cerca de quase quatro vezes superior ao valor mais alto conhecido para Norte do Tejo (400 m³/km².ano), correspondendo à bacia hidrográfica da barragem da Idanha.

Tal valor anómalo deve-se à produção de materiais britados e moídos, resultantes da laboração da mina da Borralha.

Ao longo do eixo principal da albufeira, já fora da influência da sedimentação processada a jusante das escombrelas da mina, os depósitos possuem espessura muito menor, à excepção da zona imediatamente a montante da barragem onde atingiam cerca de 17 m de espessura.

Do ponto de vista granulométrico, os depósitos acumulados no braço da albufeira correspondente ao rio Borralha também evidenciam acentuadas diferenças relativamente aos acumulados ao longo do eixo principal da albufeira. Nos primeiros abundam as granulometrias grosseiras, constituídas sobretudo por grãos de quartzo frequentemente com o aspecto de lascas ou lâminas — resultantes dos processos de tratamento do minério — alter-

nantes com leitos de materiais finos, essencialmente siltosos; este facto deve-se certamente à variabilidade sazonal das condições de transporte sólido: intensa erosão subaérea nos períodos pluviosos, responsável pela acumulação de partículas grosseiras provenientes das escombrelas da mina, sucedidos por períodos secos, caracterizados pela predominância da deposição de materiais finos, provenientes das instalações de tratamento de minério de onde são lançados na albufeira.

Os depósitos acumulados ao longo do eixo principal da albufeira, possuem em geral granulometrias mais homogéneas, predominando sedimentos finos; os grãos de quartzo, embora angulosos, não apresentam o aspecto de lascas ou lâminas. Tais características notam-se apenas na zona atingida pela progressão dos depósitos provenientes do braço da albufeira correspondente ao rio Borralha, logo a montante da barragem.

Em resumo, na barragem da Venda Nova, parece evidenciar-se uma sedimentação fraca no eixo principal da albufeira, facto a que não será estranho a retenção de sedimentos processada na barragem do Alto do Rabagão. Tal situação é apenas contrariada pela intensa deposição observada no braço da albufeira correspondente ao rio Borralha, na dependência directa da laboração da mina do mesmo nome.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARDOSO, J. (1984) — A erosão de bacias hidrográficas e o assoreamento de albufeiras. Estudo de dois casos portugueses. Dissertação de Mestrado em Geologia de Engenharia (FCT/UNL).
- DIRECÇÃO GERAL DOS RECURSOS E APROVEITAMENTOS HIDRÁULICOS (1977-78) — Anuário dos Serviços Hidráulicos — udometeorologia, Lisboa.
- NORONHA, F & RIBEIRO, M. L. (1983) — Carta Geológica de Portugal. Notícia explicativa da folha 6-A. Montalegre. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.
- ROCHA, J. (1980) — Assoreamento de pequenas albufeiras associadas a centrais eléctricas de muito pequena potência. *Memória*, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 540.
- SUGUIO, K (1973) — Introdução à Sedimentologia. *Edgar Bluchter* (Ed.), São Paulo.
- VALE, C. (1982) — A distribuição do cobre no sistema hídrico, Cávado - Rabagão: albufeiras de Venda Nova e adjacentes. *Bol. Inst. Nac. Invest. Pescas*, Lisboa, 7.



Foto 1 — Aspecto parcial dos depósitos acumulados no braço da albufeira correspondente ao vale do rio Borralha. Observe-se os níveis sucessivos de terraços produzidos no decurso do esvaziamento.



Foto 2 — Vista dos depósitos a montante do perfil p. 8 do levantamento topográfico da EDP. O ravinamento dos depósitos atingiu o leito antigo do rio Borralha, evidenciado por grandes blocos graníticos. Ao fundo, observa-se ponte romana da via Braga-Astorga, parcialmente soterrada nos depósitos.



Foto 3 — Pormenor da ponte romana da figura anterior, parcialmente coberta.



Foto 4 — Aspecto do fendilhamento na película silto-argilosa que cobre parte da superfície dos depósitos no braço da albufeira do rio Borralha (vista a jusante do perfil p.12 do levantamento topográfico da EDP).



Foto 5 — Pormenor da limpeza da zona imediatamente a montante da barragem.



Foto 6a) — Corte estratigráfico realizado nos depósitos da foto anterior. Predominam os materiais arenosos finos; as diferenças de coloração são devidas à presença de matéria orgânica.

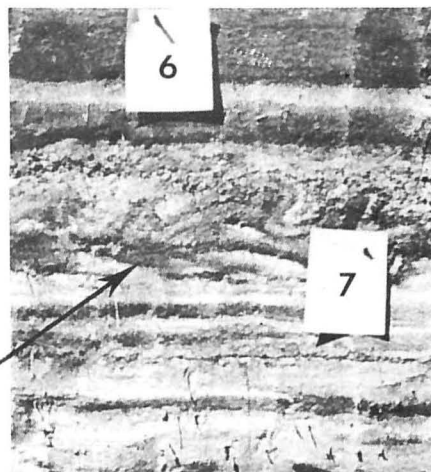


Foto 6 b) — Pormenor do corte. Observam-se estruturas convolutas, evidenciadas pelos contrastes da colocação das camadas.