

# BRAGANTIA

Boletim Técnico do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo

Vol. 21

Campinas, Agosto de 1962

N.º43

## ESTUDO DA BACIA HIDROGRÁFICA DA BARRAGEM "MONJOLINHO" (1)

G. B. BARRETO, *engenheiro-agrônomo, Seção de Conservação do Solo*, R. FORSTER, *engenheiro-agrônomo, Divisão de Estações Experimentais* e DR. J. BERTONI, *engenheiro-agrônomo, Seção de Conservação do Solo, Instituto Agrônomo*

### RESUMO

Os autores estudam a bacia hidrográfica da barragem "Monjolinho"; notadamente a velocidade de assoreamento. São descritas as características físicas da bacia, baseadas no levantamento planialtimétrico da área. Descrevem também, o tipo de solo e a cobertura vegetal encontrados no local, bem como as alterações ocorridas na bacia de inundação e no talude de montante do atêrro, após período de 7 anos de funcionamento do açude.

### 1 — INTRODUÇÃO

Embora muito já se tenha escrito em relação aos prejuízos ocasionados pelo assoreamento de reservatórios e cursos d'água, canais de irrigação etc., são raros, entre nós, estudos relativos à velocidade com que ocorrem tais fenômenos. O estudo de bacias hidrográficas depende de tantos fatores, envolve tantos problemas e dificuldades, que geralmente se torna impraticável, apesar do interesse que apresenta à agricultura e à hidráulica.

Água isenta de impurezas não é encontrada na natureza, pois a chuva, ao atravessar a atmosfera, arrasta consigo oxigênio, poeiras etc., de maneira que, ao chegar à terra já contém muitas impurezas dissolvidas ou misturadas. Ao atingir o solo, parte das precipitações atmosféricas escorre superficialmente, constituindo as enxurradas; parte infiltra-se, formando os lençóis subterrâneos, e parte evapora-se resultando em nuvens e, conseqüentemente, novas chuvas. A erosão provocada pela parte das precipitações que escoam superficialmente, constitui um elemento ativo nas modificações da topografia do solo.

(1) Recebido para publicação em 25 de junho de 1962.

Em decorrência dos prejuízos que a erosão ocasiona, empobrecendo o solo, aterrando represas, cursos d'água naturais ou artificiais etc., o estudo de bacias hidrográficas vem merecendo atenção especial em vários países, inclusive no Brasil, onde se inicia o planejamento para o estudo da bacia hidrográfica do Ribeirão das Antas, situada no Vale do Rio Paraíba, no Estado de São Paulo. A realização desse projeto trará, naturalmente, muitos benefícios à agricultura de São Paulo, esclarecendo muitas dúvidas e indicando o caminho certo para a solução de vários problemas.

Sem pretender abranger a amplitude desejável em tais trabalhos, aproveitando condições favoráveis, inclusive a existência de alguns dados indispensáveis à realização de um trabalho dessa natureza, foi iniciado este estudo da bacia hidrográfica contribuinte da barragem "Monjolinho", localizada na Estação Experimental "Teodureto de Camargo". Os trabalhos foram conduzidos visando determinar principalmente a velocidade com a qual vem se processando o assoreamento dessa represa, bem como as características físicas da bacia hidrográfica contribuinte da mesma.

**OBJETIVO EXPERIMENTAL** — O principal objetivo ao se estudar a bacia hidrográfica "Monjolinho", foi verificar o que ocorre em bacia de inundação de um açude, após determinado período de uso do mesmo, bem como as alterações que se verificam no talude de montante da barragem, para o tipo de solo e para as condições encontradas no local.

**OBJETIVO PRÁTICO** — Determinar a velocidade de redução da capacidade de armazenamento de água de um açude, em virtude do assoreamento, bem como determinar as alterações que se verificam no talude de montante, por efeito da ação das ondas.

## 2 — MATERIAL E MÉTODO

### 2.1 — ESCOLHA DA BACIA

A escolha da bacia hidrográfica "Monjolinho", para estudar principalmente a velocidade de seu assoreamento, deveu-se principalmente ao fato de já se contar com dados iniciais indispensáveis e também por apresentar o local facilidades para o estudo, uma vez que se situa, em grande parte, na Estação Experimental "Teodureto de Camargo" do Instituto Agrônomo, em Campinas.

Inicialmente, foram os seguintes os dados disponíveis para orientar os trabalhos:

a) levantamento planimétrico e altimétrico da bacia de inundação, na escala de 1:400, com curvas de nível de metro em metro, reproduzindo a área da bacia antes da inundação;

b) idem, idem, após 7 anos da inundação;

c) levantamento planimétrico e altimétrico da bacia hidrográfica, na escala de 1:5000;

d) mapa aerofotogramétrico da bacia hidrográfica, escala 1:16000;

e) análise físico mecânica do solo local (terra roxa-misturada), proveniente de misturas, em proporções variáveis, entre o arenito e a terra-roxa-legítima (5); argila, 48%; areia grossa, 20%; limo, 32%. Classificação: argilosa.

f) Dados de precipitação.

De posse desses e de outros elementos posteriormente determinados, foi iniciado o estudo da bacia que, para facilitar, será denominada, daqui por diante, apenas bacia hidrográfica "Monjolinho".

### 3 — CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA BACIA

#### "MONJOLINHO"

A observação das dimensões, forma, declividade média, densidade de drenagem etc., peculiares a determinada bacia hidrográfica, permite colher informações muito úteis, em face de seu comportamento com relação às precipitações.

#### 3.1 — TAMANHO

Uma bacia hidrográfica é constituída pela superfície de terra que contribui com enxurrada (escoamentos superficiais) para aumentar a vazão do curso de água considerado.

Sua determinação é feita por levantamento topográfico ou aerofotogramétrico. A área que ela ocupa constitui uma das características físicas mais usadas em estudos hidrológicos, pois do seu tamanho e forma depende, em grande parte, o volume das enxurradas, bem como as oscilações de vazão dos cursos de água nela existentes.

A bacia hidrográfica "Monjolinho" abrange a área total aproximada de 239 ha, sendo que desse total apenas 77 ha pertencem à Estação Experimental "Teodureto de Camargo", ficando a sua maior parte, ou seja 162 ha, fora dela.

## 3.2 — FORMA

A observação da forma apresentada por uma bacia hidrográfica permite tirar algumas conclusões interessantes a respeito do seu comportamento, em relação ao escoamento de enxurradas. A bacia hidrográfica "Monjolinho" apresenta forma alongada, ficando o ápice do lado das cabeceiras. O deflúvio será tanto mais intenso quanto mais compacta fôr a forma apresentada pela bacia. Baseado nesse princípio, várias maneiras têm sido propostas para determinar o grau de compacidade de bacias hidrográficas, sendo uma delas a relação entre seu perímetro, medido em quilômetros, e o perímetro de um círculo de igual área (2, 3):

$$K_c = \frac{P}{C}$$

relação que poderá ser expressa:

$$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

onde  $K_c$  = coeficiente de compacidade;  $P$  = perímetro da bacia hidrográfica, em km;  $C$  = perímetro de um círculo de igual área;  $A$  = área da bacia em  $\text{km}^2$ .

Aplicando esta última expressão para o caso da bacia hidrográfica "Monjolinho", obtêm-se o seguinte coeficiente de compacidade:

$$K_c = 0,28 \frac{7,25}{\sqrt{2,39}} = 0,28 \frac{7,25}{1,55} = 1,3$$

A tendência para grandes vazões será tanto maior quanto mais próxima da unidade estiver o coeficiente de compacidade. Desde que as características físicas de duas bacias hidrográficas sejam semelhantes, a probabilidade da ocorrência de enchentes será maior naquela cujo coeficiente de compacidade estiver mais próximo da unidade, ou seja, naquela cuja forma fôr mais semelhante à do círculo.

A bacia hidrográfica "Monjolinho" apresenta coeficiente de compacidade igual a 1,3, o que leva a admitir que nessa bacia deveriam ocorrer grandes enchentes, não fôsem a natureza da cobertura vegetal encontrada na maior parte da área, bem como a natureza bastante permeável dos solos que a constituem.

## 3.3 — DENSIDADE DE DRENAGEM

Outro fator que também contribui para a ocorrência de enchentes em uma bacia hidrográfica, é sua densidade de drenagem, que é representada pelos cursos d'água nela existentes, perenes ou não. Em geral, quanto mais denso fôr o sistema de drenagem de uma bacia, tanto mais sujeita a enchentes ela estará, pois, através de seus diversos cursos d'água, as enxurradas terão oportunidade de atingir rapidamente o curso d'água principal, provocando grandes vazões. A densidade de drenagem de uma bacia hidrográfica pode ser avaliada pela relação (2, 3):

$$D_d = \frac{L}{A},$$

onde L = comprimento total dos cursos de água da bacia (cursos d'água efêmeros, intermitentes e perenes) e A = área da bacia.

Ela permite deduzir sobre a declividade média da bacia e a natureza do seu solo. Em geral, grande densidade de drenagem corresponde a bacias acidentadas, com grandes declives, solo relativamente impermeável, ocorrendo o inverso em topografias planas, solos permeáveis. A densidade de drenagem na bacia "Monjolinho" é bastante baixa:

$$D_d = \frac{L}{A} = \frac{2}{2,39} = 0,84$$

evidenciando a elevada permeabilidade dos seus solos, bem como a sua pequena declividade. Examinando-se o mapa da figura 1, verifica-se que a declividade média da bacia é relativamente baixa, oscilando em torno de 4,5 a 9,5%.

A declividade média, a permeabilidade, o comprimento das rampas, a natureza da cobertura etc., de uma bacia hidrográfica, são, em parte, os fatores responsáveis pela ocorrência das perdas de solo e de água aí verificadas. Experiências realizadas pela Seção de Conservação do Solo do Instituto Agrônomico mostram o efeito do comprimento de rampa sobre as perdas médias, por erosão dos três principais tipos de solos do Estado de São Paulo, para declividades compreendidas entre 6,5 e 7,5% e para uma chuva média de 1.300 mm anuais (4). Os tipos de solos estudados foram os arenosos, terra-roxa-legítima e massapê. Com os comprimentos de rampa considerados, 25, 50 e 100 metros, as perdas de solo e água observados foram, respectivamente: 13,9 t/ha de terra e 13,6% de água; 19,9 t/ha de terra e 10,7% de água; 32,5

t/ha de terra e 2,6% de água. As perdas de água referem-se em porcentagem de enxurrada sôbre a chuva caída.

Pelo exame dos dados observa-se que o comprimento da rampa desprotegida tem sensível efeito sôbre as perdas de terra e água. Verifica-se, que, de modo geral, as perdas de terra por unidade de área aumentam com o comprimento de rampa. Quadruplicando-se esta, quase triplicam-se as perdas de solo por unidade de área. Na carta topográfica anexa observa-se que o comprimento médio de rampa encontrado na bacia hidrográfica "Monjolinho", oscila em tôrno de 500 a 600 m de comprimento e 4,5 e 9,5% de declive, estando, porém, essas rampas em sua maior parte protegidas por vegetação.

#### 3.4 - TIPO DE COBERTURA VEGETAL

Os resultados de experiências realizadas pela Seção de Conservação do Solo do Instituto Agronômico demonstram, também, que o tipo de cobertura, que reveste o solo das bacias hidrográficas, constitui um dos fatores importantes das perdas de solo e água, e seu estudo constitui condição essencial para a compreensão dos problemas de erosão e do transporte de sedimentos pelas águas.

A densidade da cobertura vegetal e o volume de detritos deixados por esta sôbre o solo, representam fator decisivo sôbre o volume de enxurradas e, conseqüentemente, sôbre as perdas de solo por erosão. Quanto mais densa fôr a vegetação que reveste o solo, tanto menores serão as perdas por erosão nesse solo.

As experiências realizadas pela Seção de Conservação do Solo forneceram dados interessantes a êsse respeito (4). O algodão por exemplo, além de exigir cultivo aprimorado do solo não constitui cultura muito densa, razão pela qual as perdas por erosão são elevadas nessa cultura, quando feita sem proteção ou seja 26,6 toneladas de terra por hectare e 7,2% de água. As pastagens além de promoverem melhor cobertura do solo, quase dispensam tratamentos culturais, razões pelas quais são pouco sujeitas a erosão perdendo cerca de 0,4 t/ha de terra e 0,7% de água. A mata, além de promover densa cobertura do solo e dispensar tratamentos culturais, ainda deixa cair sôbre o solo grande quantidade de fôlhas, galhos etc., que contribuem eficazmente para protegê-lo contra os prejuízos da erosão, que nesse caso é da ordem de 0,004 t/ha de terra e 0,7% de água. O volume de perdas de terra, mencionado acima, são para uma precipitação média de 1.300 mm anuais; as perdas de água referem-se a porcentagem sôbre a chuva caída. De acôrdo com o exposto, verifica-se que, quanto mais densa fôr a vege-

tação que recobre determinada bacia hidrográfica, tanto menor deverá ser a ocorrência de perda de solo nessa bacia, e, conseqüentemente, tanto mais lento deverá ser também o assoreamento dos reservatórios de água aí localizados.

A bacia hidrográfica "Monjolinho", cujas características físicas podem ser observadas na fotografia aérea da figura 4, apresenta a maior parte de sua extensão coberta de pastos, uma boa porção coberta de cafézais, bosques, quebra-ventos, pomar e outras culturas. Uma pequena parcela é representada por áreas edificadas e caminhos, alguns destes, pavimentados. Em torno do açude encontram-se cafézal, pasto e taboal, este, do lado oposto ao atêrro da barragem, revestindo o fundo do vale nas proximidades da água. As precipitações médias mensais, ocorridas no período entre 1954 e 1961, encontram-se no quadro 1.

Dada a natureza e disposição das diferentes coberturas que revestem a bacia hidrográfica da barragem "Monjolinho", as perdas de solo e, também, o escoamento de água nessa bacia devem ser baixos.

#### 4 — OBSERVAÇÕES

Observando-se as figuras 1 e 2, onde se vêem respectivamente, a bacia de inundação na ocasião da construção e após 7 anos, pode-se verificar que o assoreamento está se processando, porém lentamente.

Comparando-se êsses mapas, nota-se que o acúmulo de terra, embora lento, vem se verificando intensamente na parte mais distante do atêrro; é o que mostram as formas assumidas pelas curvas de nível. Outro assoreamento vem se processando do lado da margem direita de quem sôbre o atêrro volta-se para o lago. Essa margem estêve sempre menos protegida por vegetação do que a margem esquerda, lado em que as curvas de nível mantiveram-se mais constantes. Grande parte do solo arrastado pelas enxurradas e escorrido pelo vale, deve ter ficado retido pelo taboal, que limita a reprêsa em sua parte superior e que deve ter funcionado como filtro.

##### 4.1 — ALTERAÇÕES OCORRIDAS NO TALUDE DE MONTANTE

Os cortes transversais do talude (cortes 1 a 10, na figura 3) mostram, também, as alterações sofridas pelo mesmo, durante os 7 anos de existência. Observa-se, pelo exame dêsses cortes, que os desgastes foram maiores na parte mais profunda da reprêsa e principalmente do lado direito, de quem sôbre o atêrro volta-se

para a água. Esse maior desgaste orienta-se na direção dos ventos. As ondas atingem o talude da barragem com maior violência nesses pontos, dissolvem e carregam a argila, provocando as alterações assinaladas pelos cortes transversais.

Deve-se acentuar que o talude, antes do início deste estudo, já havia sido submetido a alguns reparos, e os estragos mais intensos sempre ocorreram nas posições assinaladas pelos cortes transversais 6 e 7 (figuras 2 e 3). A linha cheia representa o estado atual do talude; a interrompida, como era originalmente.

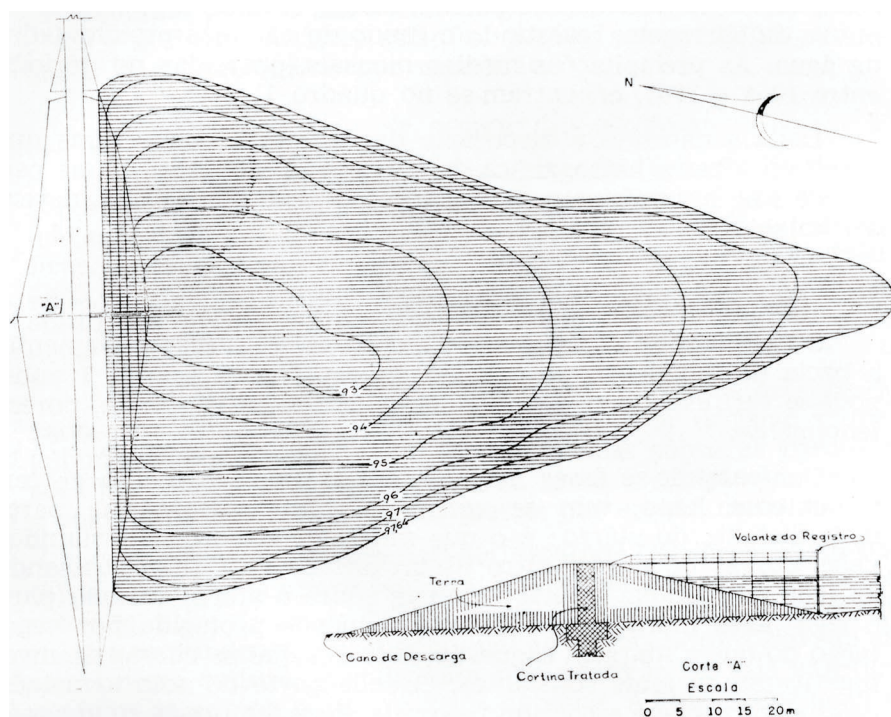


Figura 1. — Barragem Monjolinho, na Estação Experimental "Theodoreto de Camargo" em Campinas, vendo-se esquematicamente a configuração topografica do fundo da bacia de acumulação antes de fechada a barragem e um corte desta, na parte central.

## 5 — CONSIDERAÇÕES GERAIS E CONCLUSÕES

O volume de água atualmente existente na represa é ligeiramente superior ao da época em que ela foi construída, em virtude de haver sido levantada, posteriormente, uma parede de 0,40 m de altura sobre o extravasor, provocando, assim, elevação do ni-



vel da água. As curvas de volume acumulado, assinaladas no canto da figura 2, mostram essa diferença.

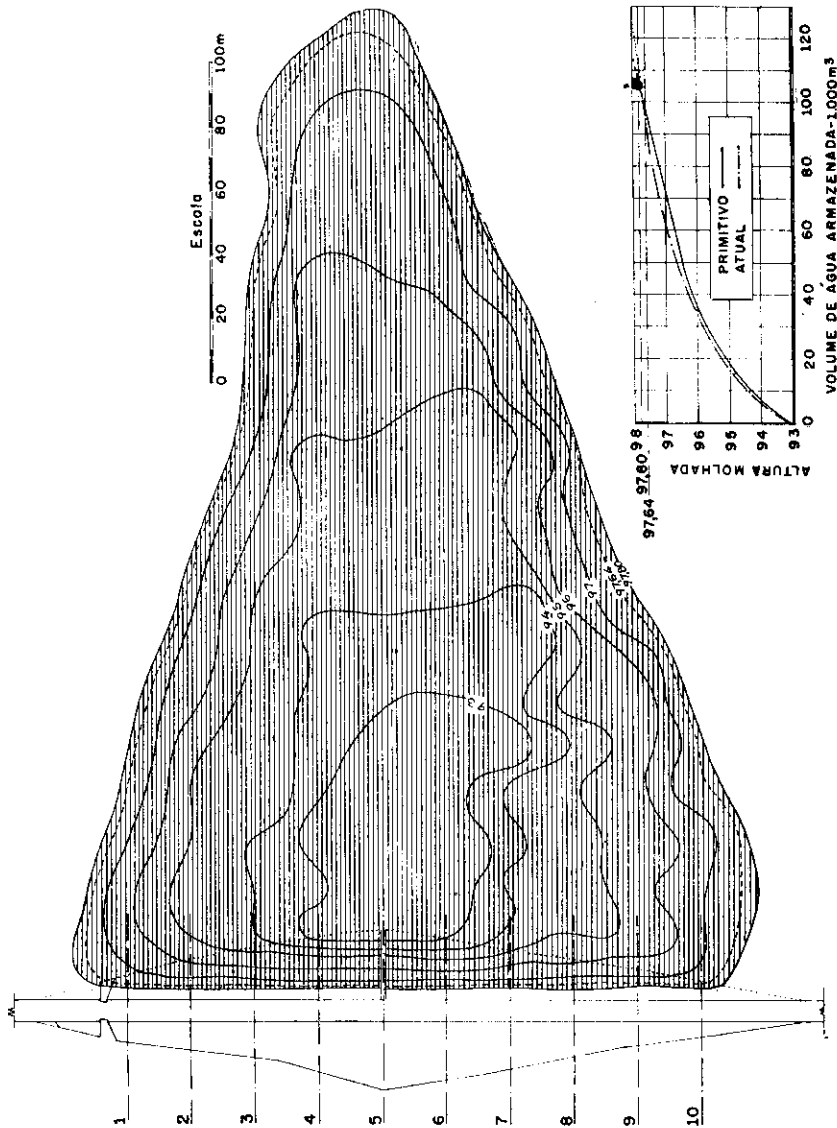


Figura 2. — Aspecto da configuração topográfica da barragem constante da figura 1, após 7 anos da construção. Em baixo, no canto direito, vê-se a comparação dos volumes, em alturas do nível d'água, antes do fechamento da barragem e após os 7 anos

Tomando-se conjuntamente os dados apresentados e as observações locais, resulta a conclusão de que, para êsses primeiros 7 anos, o assoreamento se processou lentamente, não provocando redução ponderável na capacidade de armazenamento da bacia de inundação.

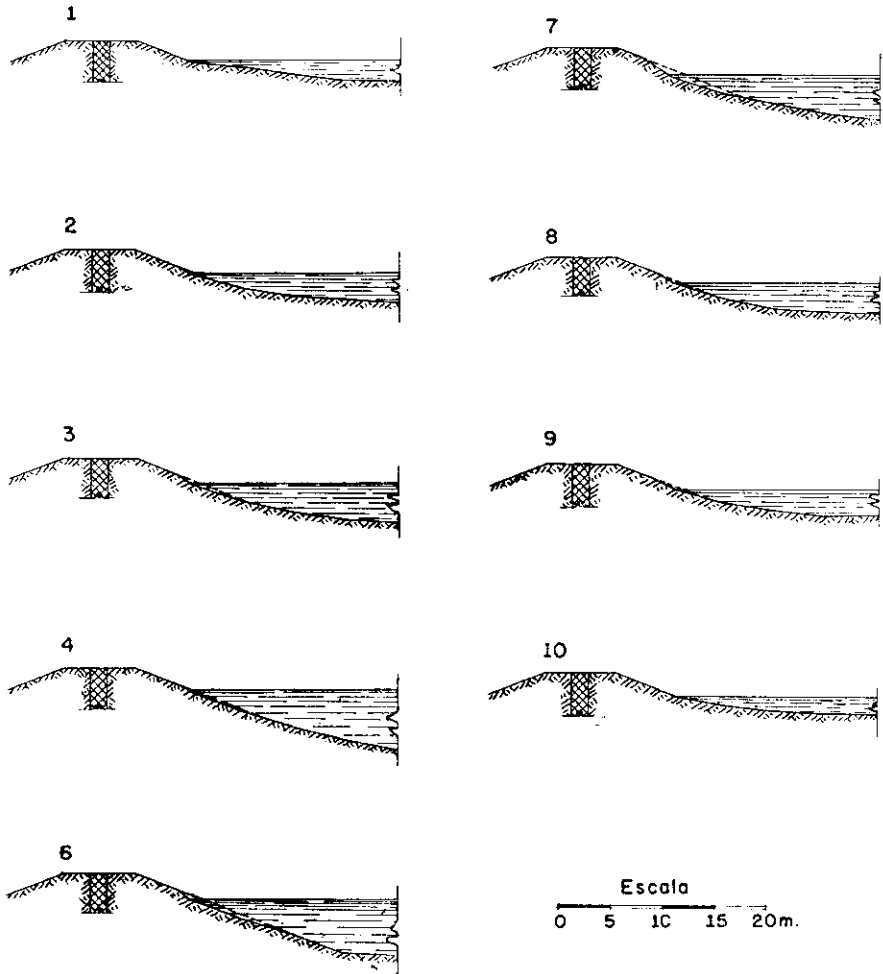


Figura 3. — Sucessão de perfis da barragem Monjolinho, nos pontos indicados na figura 2.



Figura 4. — Vista aérea, com a indicação da bacia hidrográfica da barragem "Monjolinho".

QUADRO 1. — Dados de precipitações ocorridas na Estação Experimental "Theodoreto de Camargo" no período de 1954 a 1961

Meses	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961
Janeiro	267	295	107	373	286	204	243	168
Fevereiro	186	212	231	230	139	114	196	264
Março	219	123	177	172	114	129	58	131
Abril	15	76	108	76	107	103	56	125
Mai	111	41	119	1	188	37	73	23
Junho	60	20	86	43	90	8	85	14
Julho	6	12	64	124	21	0	0	0
Agosto	—	93	84	67	1	90	26	14
Setembro	20	2	81	143	103	20	8	1
Outubro	85	146	102	99	120	134	181	69
Novembro	63	123	22	87	155	187	90	151
Dezembro	216	239	160	143	105	227	429	290
Total	1248	1384	1322	1508	1429	1255	1445	1250

## A STUDY OF THE EARTH DAM "MONJOLINHO" WATERSHED

### SUMMARY

In this paper the authors present the study of the "Monjolinho" earth dam watershed with particular reference of its silting problem. The physical characteristics of the watershed, based on a plane — altimetric survey, are presented. A description of the soil type, vegetative cover, as well as of the changes that took place in the reservoir flood and in the upstream side slope after 7 years of use is given.

### LITERATURA CITADA

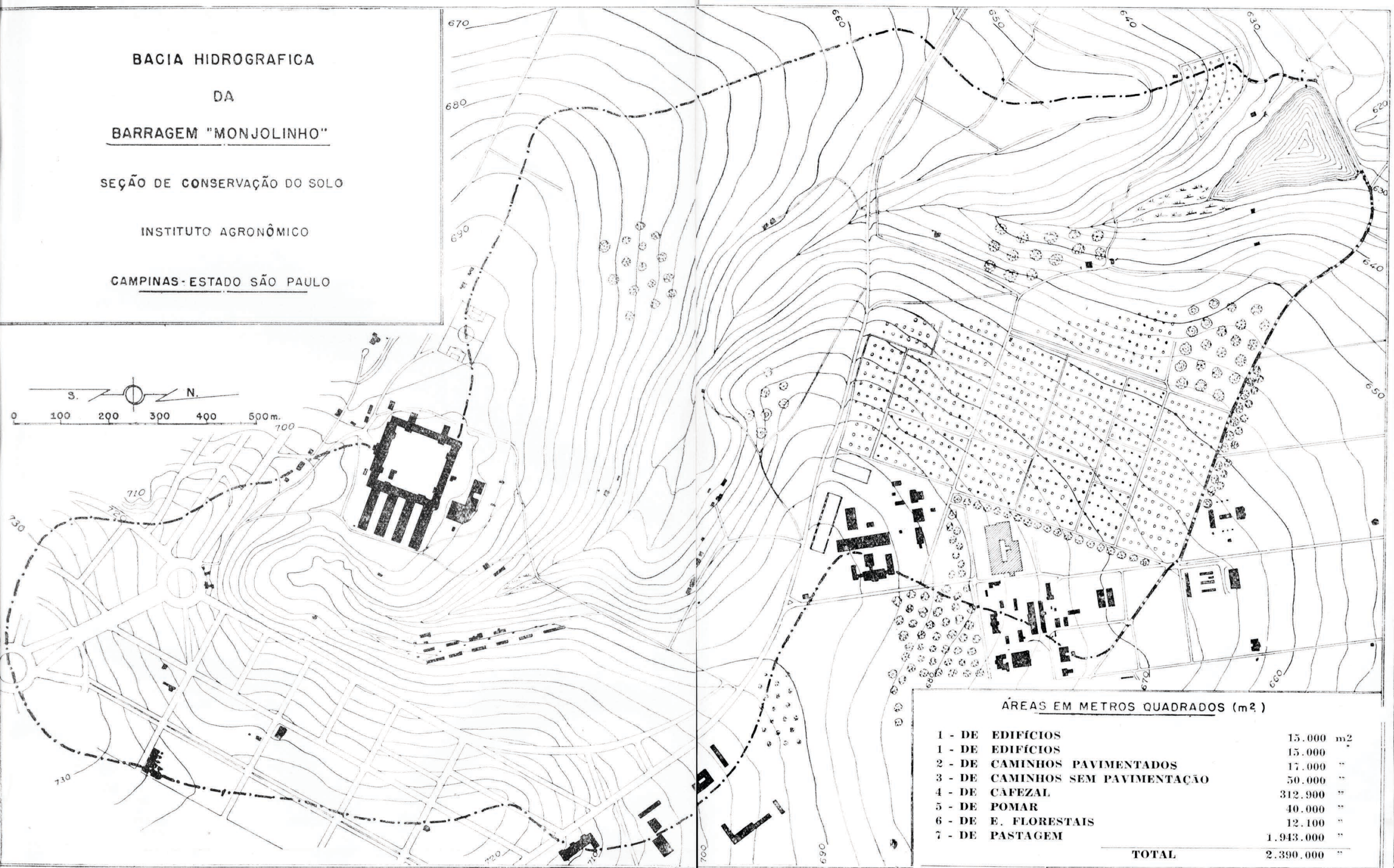
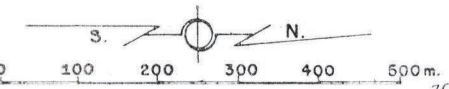
1. BARRETO, G. B. & FORSTER, R. Projeto e construção de uma barragem de terra. *Bragantia* 17:[119]-140. 1958.
2. MAKSOUD, HENRY. Características funcionais e físicas das bacias fluviais. *Revista do Club de Engenharia*, 250:[1]-61. 1957.
3. ————. Definição, escopo e aplicação da hidrologia. *Revista de Engenharia* 169.
4. MARQUES, J. Q. A., BERTONI, JOSÉ & BARRETO, GERALDO B. As perdas por erosão no Estado de São Paulo. *Bragantia* 20. 1961
5. PAIVA, J. E. (neto), CATANI, R. A., KUPPER, A. (e outros). Observações sôbre os grandes tipos de solos do Estado de São Paulo *Bragantia* 11:[227]-253. 1951.

BACIA HIDROGRAFICA  
DA  
BARRAGEM "MONJOLINHO"

SEÇÃO DE CONSERVAÇÃO DO SOLO

INSTITUTO AGRÔNOMICO

CAMPINAS-ESTADO SÃO PAULO



ÁREAS EM METROS QUADRADOS (m <sup>2</sup> )	
1 - DE EDIFÍCIOS	15.000 m <sup>2</sup>
1 - DE EDIFÍCIOS	15.000 "
2 - DE CAMINHOS PAVIMENTADOS	17.000 "
3 - DE CAMINHOS SEM PAVIMENTAÇÃO	50.000 "
4 - DE CAFEZAL	312.900 "
5 - DE POMAR	40.000 "
6 - DE E. FLORESTAIS	12.100 "
7 - DE PASTAGEM	1.943.000 "
<b>TOTAL</b>	<b>2.390.000 "</b>