

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

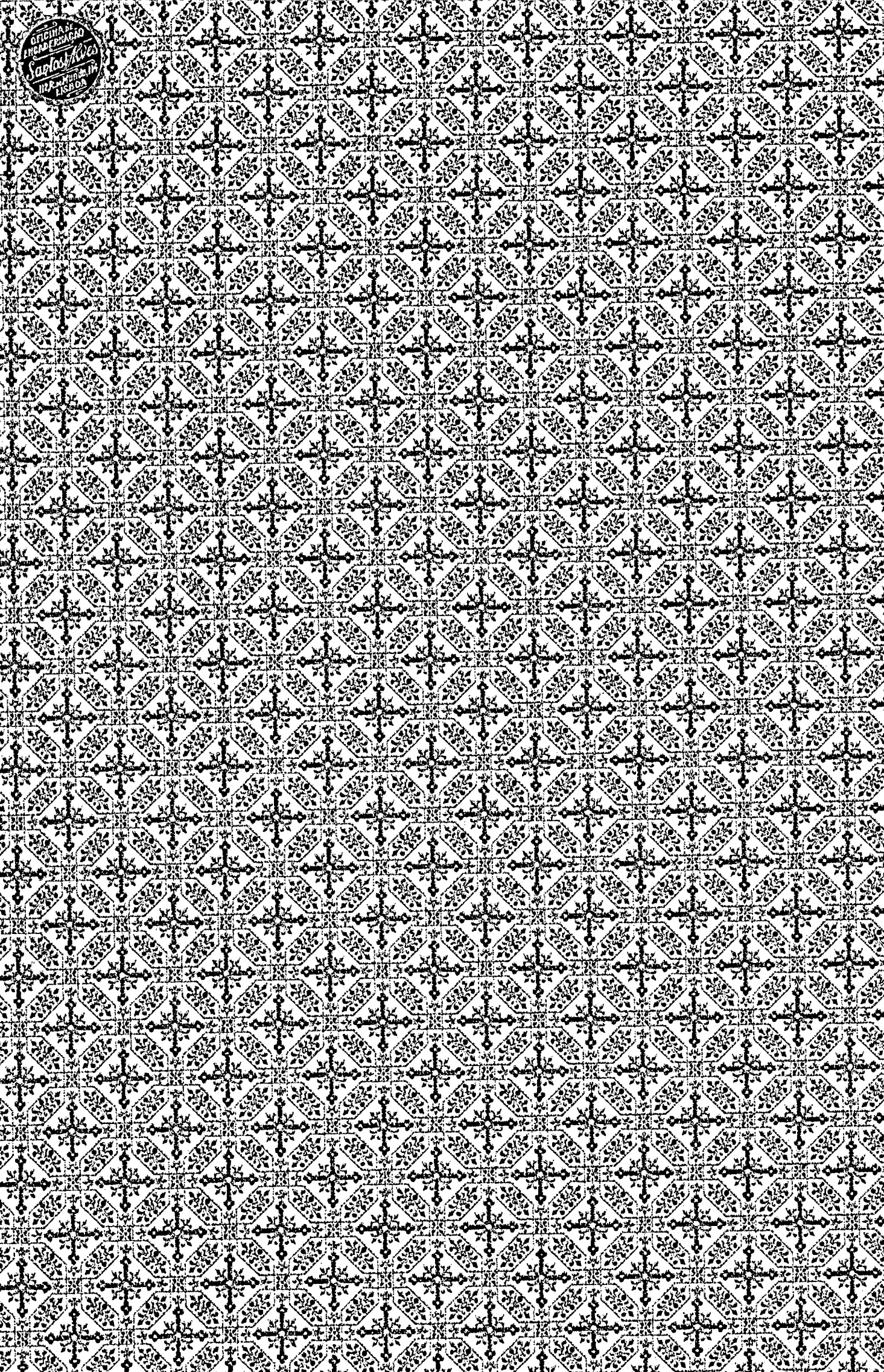
HIDRAULICA

Missão de Estudo na Empresa Hidro-Eléctrica

do

ALTO-ALEMTEJO

ORIGINAL
FABRICA DE PAPELO
Santos
1888





FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

BIBLIOTECA



0000086675

621.311.21(047.3)
BELj/MIS



MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION

Reg. No. 1180 L. No. 2

26 de Février de 1932

P. O. Secrétaire *J.P.*

*Mr. Wm. P. S. Stewart
Wagon & Heavy Iron*

O.K. J

25/2/32

*Wm. P. S. Stewart
28 Feb. 1932*

Wm. P. S. Stewart

Wm. P. S. Stewart

621.311.21(047.3)/BFLj/MIS

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Hidraulica

Missão de estudo na Empresa Hidro-Electrica do Alto-Alemtijo

Palavras previas -

Tendo concluido os exames de todas as cadeiras que constituem o Curso de Engenharia Civil na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, em julho de 1928, so' agora, por motivos da minha vida official, me foi dado iniciar o periodo de estagios a que o Regulamento da Faculdade obriga para a obtenção do diploma official.

Sempre achei interessantes os estudos de Hidraulica aplicada.

A proximidade das obras do aproveitamento da Hidro-Electrica do Alto-Alemtijo da região que foi o meu bexco, foi uma das razões tambem que me levou a pedir uma missão de estudos demorada, nas obras daquela Empresa.

O aproveitamento da Ribeira de Niza, constitue sem duvida um dos aproveitamentos mais interessantes do nosso paiz.

A sua essencia que consiste num aproveitamento integral de uma bacia hidrografica com albufeira de regularização de caudal e tres Centrais escalonadas, bem se pode apresentar como um tipo a seguir aos nossos aproveitamentos medios. De facto, os nossos rios tem com sua maioria um regime de caracter essencialmente torrencial como o e' o da Ribeira de Niza, proveniente em parte da irregularidade do nosso clima. Completamente secos ou quasi, no verão, e' tuí gem grandes cheias no outono, inverno e mesmo primavera.

Dahi a necessidade de obras importantes de regularização, isto e', a construcção de diques que criem uma reserva a aproveitar na estiaagem.

Assim se procedeu com a Ribeira de Niza, construindo uma barragem de 28^m de altura, julgada sufficiente para a potencia que se tinha em vista obter, e tambem

Frelzy

suficiente para armazenar a água normalmente caída e escavada com bacia que lhe diz respeito.

O estudo detalhado da barragem, a verificação da sua estabilidade e seu modo de construção, reserva-lo-hei para um futuro relatório respeitante a outras cadeias. (1)

Reino merece a importante obra ser tratada a priori, porque, pelos estudos que lá fora se tem dado, é este um dos trabalhos mais delicados que é dado aos Engenheiros executar. Espero pois que me seja dado fazer uma segunda missão de estudo nesta Empresa, porque assim, estou certo, deante a minha cultura técnica lucrarei.

Aqui deixo corrigidos os meus agradecimentos ao Sr. Eng. João Guimarães, director, na parte de Engenharia Civil, da Empresa, e um dos precursores dos nossos aproveitamentos hidro-electricos, pelos muitas e úteis explicações que se dignou prestar-me.

Lisboa 27 de dezembro de 1931

João Frelzy

(1) Não há esta parte cadeias

Hidraulica

Outubro - dezembro - 1931

Introdução —

I - Como nasceu a ideia de um aproveitamento hidro-Electrico que servisse as regiões norte-Alentejana e sul do Districto de Castello Branco.

A região norte-Alentejana foi um antigo centro industrial de lanifícios.

Viu porém decair a sua industria de forma a ter hoje em laboração apenas a fabrica de Portalegre.

A do sul do Districto de Castello Branco tem uma industria corticeira bastante desenvolvida e nuclei de industria de lanifícios de certa importancia.

Atravessados por tres linhas ferreas - Beira-Paina, Caceres e Leste - de futuro cruzadas pela linha Extremoz - Castello de Vide - Rodave, com materias primas em abundancia, lã, trigo, cortica, calcarios da Escusa, poder-se-ha, criando fontes de energia barata, ressuscitar e desenvolver a industria de tecidos, aperfeiçoar a das corticas, melhorar a moagem que em larga escala se desenvolveu na região, criar as novas industrias de productos azotados e adubos de base calcica, de largo consumo local e electrificar a viação accelerada.

Porta de frente, por agora a ideia de um aproveitamento no Tejo nas regiões de Rodave e Pulmer, por e praiz não estar preparado por enquanto, para garantir um curso com sufficiente a aproveitamentos de tal grandeza, resolveram a Empresa fazer incidir a sua atenção e estudos sobre a Ribeira do Ocreza no Sul de Castello Branco e sobre a Ribeira de Niza e Leves no Alto-Alentejo Todos afluentes do Tejo.

Depois de varios estudos preliminares naquelas Ribeiras decidiu-se a Empresa pelo aproveitamento da Ribeira de Niza, elaborando a respectivo ^{projeto no} traço comprehendido entre

Félos

a estrada de Alpalhão - Castelo de Vide e uma ponte 300^m a montante da confluência da Ribeira da Pruceira, projecto que previu uma potência de 3400 H.P. de 10 horas.

Com este aproveitamento, pensava a Empresa satisfazer as necessidades da industria local ora ociosa, distribuindo a energia produzida pelos principais centros de consumo: Portalgue, Crato, Castelo de Vide, Niza, Castelo Branco, Abrantes e Trancagat, por intermedio de 2 linhas de transporte Castelo Branco Portalgue passando por Niza e Niza - Trancagat.

Mais tarde foi pedida licença para estudos no 2.º traço da Ribeira, cujas obras estão actualmente em plena actividade, permitindo assim a Empresa alargar a sua zona de distribuição, o que já está succedendo, pois se está montando a linha de transporte para a Fabrica de Cimentos Liz na foz da

II - Descrição sumaria do curso d'agua aproveitado —

Nasce a Ribeira de Niza na Serra de S. Mamede a uma altitude de 300^m e desagua no Tejo, após um percurso apovisionado de 42 km. No curso superior os campos marginaes tem um valor agricola muito apreciavel, tornando-se arenosos e pedregosos na região dos granitos e schistos do curso medio e inferior.

Curso d'agua de região torrencial, terrenos marginaes de fraco valor, pronunciados declividades, estradas e caminhos de facil acesso, tem a Rib. de Niza, condições para se efectuar uma boa regularisação e crear uma fonte permanente de energia.

III - Descrição esquematica do aproveitamento —

Consta de uma albufeira de 21.700.000^m³ d'agua armazenada por meio de um dique d'alvararia de 28,40^m d'altura, com duas Centrais (Povo e Pruceira) uma a 90^m do dique, com uma queda variavel entre 16 e 33^m,

outra (Pruceira) a 8^{km} a jusante da primeira com a queda de 65,60^m.

Actualmente, constrói-se no 2º tovo da Ribeira um canal de 13,500^{km} que permitirá realizar uma queda de 117^m utilizada pela Central da Velada.

A primeira queda é formada tomando a água 11^m acima do leito da Ribeira, tendo-se cavado o mesmo a saída da Central, até à profundidade de 3,65^m, o que permite aproveitar o desnível barrento de 5^m do local da Central até ao Terminus do Canal de Fuga. Ficaram assim 16^m de queda mínima e 33^m de queda máxima, quando o reservatório está cheio.

A segunda queda é obtida por um acude de 4,3^m d'altura a 4^{km} a jusante da 1ª Central que deriva a água para um canal de 3 410,73^m de extensão.

A terceira (as obras da qual prosseguem activamente) será formada construindo um acude de 10^m d'altura, a 4^{km} da 2ª central que derivará a água para um canal de 13,500^{km} de extensão.

— Hidrologia —

I - Condições a que deve satisfazer um local para uma barragem.

São conhecidas as condições a que deve satisfazer um local para uma barragem:

- 1ª Garganta apertada
- 2ª Margens e fundo de rocha bastante dura e impermeável para evitar fundações profundas e trabalhos complementares de estanqueidade.
- 3ª - Alargamento imediato do Vale para montante.
- 4ª - Terrenos, que terão de ser submersos, de pouco valor
- 5ª Sub-solo dos terrenos inundados suficientemente impermeável.
- 6ª Água com possibilidade de ser armazenada, em quantidade.

suficiente para exceder a capacidade que se pretende.

Estas são as condições ótimas. Nem sempre se consegue um local satisfazendo cabalmente a estas condições.

Pó depois de um estudo minucioso dos varios locais que presumivelmente melhor frossam a estas condições, se decide por este ou aquelle.

Assente finalmente o local do curso d'agua onde deve ser construída a futura barragem em harmonia com as 5 primeiras condições, segue-se o estudo hidrologico da bacia vertente, estudo boçilos, pois d'ele depende a importancia das obras a realizar.

II- Estudo hidrologico da Ribeira de Niza

a) Traçado da curva de vazão da Ribeira no ano de 1923-24

A montante do local escolhido para a barragem, porahi se reconhecer um perfil mais regular do thalweg, foi instalada uma escala hidrometrica. Sen-se a escala dia a dia desde 1 de junho de 1923 a 30 de maio de 1924, medindo-se tambem as velocidades superficiais e profundas pelo conhecido processo de fluctuador, com as quaes se chegou as velocidades conditas. Com estas e a secção da Ribeira no local da escala, se chegou aos caudales.

No entanto, para alturas d'agua superiores a 1,60^m foi preciso deduzir essas velocidades, para o que se empregou a formula de Kutter e Gauguillet;

$$V = C \sqrt{RI} \text{ com } C = \frac{23 + \frac{0,00155}{I} \frac{I}{N}}{1 + (23 + \frac{0,00155}{I}) \frac{N}{\sqrt{R}}} \text{ com } N = 0,026$$

Resultados obtidos

Altura da escala em m.	Caudales em m ³	observações
0,50	0,780	medicão directa
1,00	5,264	" "
1,11	7,928	" "
1,60	28,341	" "
2,12	51,644	deduzido

7
July

Com estes elementos se traçou a curva de variação da Ribeira, ficando-se habilitado a conhecer o seu regime no ano das observações, isto é 1923-1924. (Sistema júnio).

Por sua vez com as leituras diárias da escala e a curva de variações, se organizou o Mapa A em que se dão os caudais diários de todo o ano, e os caudais máximos, médios e mínimos mensais, bem como as quantidades totais d'água que são locais da escala se escoaram em cada mês.

b) Traçado do diagrama do regime da Ribeira —

Do mapa A se passou ao B em que além dos caudais médios por meses, estações e anos, figuram os caudais característicos, médio (de 6 meses), de 7 meses, 8 meses e 9 meses (industrial), e o de estiagem.

É conhecida a definição de caudal característico médio dada por Tavernier: É o caudal abaixo do qual o curso d'água se conserva durante 6 meses e acima do qual se mantém outros 6 meses durante o ano.

Examinando o quadro vem-se nele também os coeficientes de escoamento da bacia hidrográfica da Ribeira, isto é, a percentagem d'água que se escoou pela Ribeira. Foram determinados estes coeficientes, partindo das observações do udometro de Portalegre, que se encontra num ponto de altitude média e pouco mais ou menos a meio da bacia.

As alturas de chuva desse udometro, multiplicadas pela área da bacia hidrográfica, deram a quantidade total d'água caída. Como temos no mapa A as quantidades que se escoam, dividindo estas por aquelas, temos os coeficientes de escoamento por estações como vai indicado no mapa B, e por fim o coeficiente médio do ano.

Com os elementos fornecidos pelos Mapas A e B se traçou o diagrama do regime da Ribeira no ano 1923-24,

July

como vai indicado no desenho anexo.

c) Estudo hidrologico pelas alturas de chuva caída. Período 1910-1923.

Convenem neste estudo utilizar o maior numero d'anos possível.

Porém as observações do udometro de Portalegre só permitiram as observações de um período de 13 anos.

Os resultados das observações estão esboçadas no mapa C, donde se conclue que a altura de chuva no ano medio, é de $806,4^{mm}$ para aquele período.

Supondo invariáveis os coeficientes de escoamento, os caudales medios e característicos da Ribeira, para o ano medio, são os constantes do mapa D.

Deste mapa se conclue tambem que o volume total d'agua escoada no ano medio é de $49.953.024^{m^3}$.

Prevê-se um consumo de $40.000.000^{m^3}$ para a produção da energia que se tem em vista.

Seendo assim o arranxamento previsto é perfeitamente realizavel.

d) Caudal da maxima cheia.

É importante o conhecimento deste dado, porque d'ele depende a importancia das obras de evacuação.

A cheia maxima de 1923-24, conforme se verifica no mapa A, foi de $51,644^{m^3}$ e deu-se em 2/3/1924.

Grã esta cheia foi inferior à maior conhecida 22/5/1920 em $0,30^{m^3}$.

Baseados neste elemento, concluiu-se que a cheia maxima deveria ter sido de 80^{m^3} aproximadamente, o que está de acordo com a vazão aferida pela ponte da Ribeira, no caminho de Povo e Meadas para Niza.

9
July

É muito usada, sobretudo pelos engenheiros italianos, a fórmula de Poncelet, para achar o caudal da máxima cheia:

$$Q = \frac{ca}{S} \left(mr + \frac{p}{3} \right)$$

onde:

mr = parte montanhosa da superfície da bacia em km^2

p = parte em planície da bacia em km^2

a = altura em m . da maior chuva caída em 24^h

S = comprimento em km . do curso d'água desde a origem.

c = coeficiente variando de 600 a 1000, aumentando com a natureza torrencial do Rio e crescendo quando S diminui.

Para a Ribeira de Niza, fixou-se em $80 \text{ m}^3/\text{seg.}$ o caudal da máxima cheia, numero que peca, certamente, mais por excesso do que por defeito.

Capitulo I

— OBRAS HIDRAULICAS —

§ 1 - Barragem —

Dizendo, o presente relatório, respeito a Cadeira de Hidraulica, não me alongarei em considerações sobre a obra mais importante de todo o aproveitamento, a maior mesmo no genero que existe em Portugal até esta data. Nas "Palavras previas", justifica-se este modo de ver.

Por agora falarei nas obras accessorias da barragem que mais interessam ao estudo da Hidraulica.

Assim temos:

a) Descarregador de superficie —

Tendo-se fixado em $80 \text{ m}^3/\text{seg}$ o caudal da maior cheia como atraz se disse, foi para este caso que as suas dimensões foram calculas.

Fixou-se em $65,20 \text{ m}$ o comprimento total com uma lâmina d'agua de $0,50$.

Estes descarregadores que consistem em aberturas praticadas sob o pavimento em cimento armado do coroamento da barragem, localizaram-se na margem esquerda, escoando o excedente d'agua nessa ravina dessa margem.

Desarregador de superficie

O caudal do descarregador foi dado pela fórmula:

$$Q = m l h \sqrt{2g} \quad \text{ou} \quad Q = m \sqrt{2g} \cdot l h \sqrt{h}$$

$$\text{sendo:} \quad m \sqrt{2g} = 1,77$$

$$l = 65,20$$

$$h = 0,60$$

$$\text{Logo} \quad Q = 1,77 \times 65,20 \times 0,60 \times \sqrt{0,60} = 83,100 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

A disposição de conjuntos dos descarregadores vê-se na fotografia junta.

b) Tomada d'água:

A Câmara de toma é constituída por dois muros de alvenaria com os paramentos afarelhados, completamente saliente da barragem para não a enfraquecer.

Faz-se a saída da água por meio de uma comporta que por enquanto é accionada manualmente, podendo de futuro accionar-se por motor eléctrico.

Disporam-se duas redes móveis de malha de 0,03 que podem ser levantadas e limpas e uma rede de malha mais larga na parte anterior da câmara.

A comporta está provida de uma pequena adufa de carga.

July

É interessante saber como pode ser feita a inspeção e reparação dos assentos da comporta.

Quando necessária uma inspeção, impede-se a chegada da água por meio de dormentes, formados por fortes travessas de madeira, correndo em ranhuras de ferro U encastado nas paredes laterais, entre as grelhas e a comporta.

As travessas colocam-se umas acima das outras de modo a poder-se fechar a entrada da água na câmara, mesmo que a travessa superior esteja a uma cota superior a quele nível.

A manobra rápida de descida e subida das travessas pode ser feita com o auxílio de um guincho eléctrico.

c) Galeria de limpeza -

No fundo do thalweg da Ribeira existe uma galeria atravessando toda a espessura da barragem, permitindo esgotar a albufeira se for necessário.

A sua secção é de $1,80 \text{ m}^2$, e é vedada por adufa manobrada manualmente da crista da barragem.

§ 2º Reservatório -

Feito o levantamento a taqueometria da albufeira, necessário se tornou calcular a sua capacidade.

Tracadas as curvas de nível com a equidistância natural de 5 m , avaliaram-se os volumes frasciais pelas fórmulas:

$$V_1 = h \frac{S_1}{2}$$

$$V_2 = h \left(\frac{S_1 + S_2}{2} \right)$$

$$V_3 = h \left(\frac{S_1 + S_2 + S_3}{2} \right)$$

Sendo: h = a equidistância natural das curvas de nível

S_1, S_2, S_3, \dots as áreas das curvas de nível sucessivas, áreas estas que podem ser avaliadas a planimetria, por ex.

A curva de regolfo, não pode ter uma verdadeira expressão, devido à irregularidade do leito e das margens. Traçou-se no entanto aproximadamente pela fórmula de Fünck:

$$s = \frac{3}{2} \frac{J}{i}$$

onde $s =$ é a amplitude do regolfo, isto é a distancia horizontal que vai da bonafeira ao ponto em que a curva de regolfo encontra a linha de regime uniforme.

$J =$ altura do regolfo no ponto de máxima elevação (no cimo da bonafeira)
 $i =$ inclinação do leito do curso d'agua.

Os resultados do calculo da capacidade do Reservatorio, indicam-se no seguinte quadro:

Curvas de nivel	superficies	Volumes parciais
284,0	00,0	—
285,0	4870,0	2430,0
290,0	105820,0	276725,0
295,0	292620,0	996100,0
300,0	636120,0	2321850,0
305,0	1.198260,0	4.685.925,0
310,0	2.004000,0	8.005.625,0
curva de regolfo	3.419.000,0	5.528.750,0
	Soma....	21.715.405,0
	Anredondando	21.700.000,0

Destes 21.700.000 m³ de capacidade total da albufeira, podem utilizar-se 21.400.000 m³ capacidade util acima da toalha d'agua, em 180 dias (seis meses do ano industrial), do periodo de estagao a vazão de 1500 l/seg.

Julho

§ 3º Canal de derivação para a Central da Bruceira -

A derivação começará-se por meio de um acude de 4,80^m de altura num ponto 945^m a jusante do caminho de Niza a Povoas e Meadas e 6^{km} a jusante da barragem.

As águas são assim derivadas para um canal de 3510,73 de comprimento.

O canal atravessa terrenos graníticos e schistosos. É cavado a céu aberto com extensão de 3185,73 e em

3 galerias com extensão de 325^m.

Adoptou-se a forma trapezoidal. Fixaram-se de antemão as suas dimensões transversais de maneira a dar uma vazão superior à indispensável para assim haver uma margem larga para necessidades futuras.

Essas dimensões são:

Em terrenos graníticos e nas galerias: 1,30 d'altura, 2,00 de largura no fundo e 2,26 de largura na parte superior, isto é com paredes de talude 1/5.

Em terrenos schistosos: 1,30 d'altura, 2,00 de largura no fundo e 3,20 de largura na parte superior.

Aplicando a fórmula de Bazin:

$$Q = \frac{87 \sqrt{RI}}{1 + \frac{R}{Y}}$$

com $Y = 0,16$ em terrenos graníticos

e $Y = 0,46$ em terrenos schistosos

Chyza-se aos seguintes valores:

1º caso (terrenos graníticos)

$$\Omega = 2,769$$

$$I = 0,00056$$

$$R = 0,594$$

$$r = 0,16$$

$$U = 1,81$$

$$Q = 3627 \frac{l}{seg}$$

2º caso (terrenos schistosos)

$$\Omega = 3,38$$

$$I = 0,00053$$

$$R = 0,693$$

$$r = 0,46$$

$$U = 1,07$$

$$Q = 3616 \frac{l}{seg}$$

Como obras d'arte do canal, ha a considerar apenas as duas gabeias, pequenos aqueductos com linhas d'agua, muros de guarda e revestimento.

§ 4º Camara de carga —

A camara de carga compõe-se de duas partes:

a 1ª parte de camara de decantação foi instalada aproveitando-se uma depressão do terreno 3.00^m do extremo do canal para montante. Tem adufo de fundo para a expulsão das lamias e descarregador de superficie para o excesso das aguas.

A 2ª parte foi cavada nos schistos, ficando completamente enterrada.

O excesso d'agua é vazado por um descarregador de superficie de 9^m de comprimento e as lamias são expulsas por uma adufo de fundo.

As paredes são revestidas de betão de cal hidraulica, rebocado com cimento e areia.

A terra d'agua é protegida com grelha inclinada e regulada por adufo.

§ 5º Conductas forçadas.

São todas metalicas tanto as da 1ª central como da 2ª.

1ª Central (Povoa) —

A saída da agua do reservatorio faz-se por uma conducta

única que junto à Central se bifurca, alimentando cada um dos ramos sua turbina.

A conduta única da vazão a 3000 l/s sendo o diâmetro calculado pela fórmula de Vallot:

$$D = 0,224 \left(\frac{Q}{V} \right)^{\frac{3}{8}} = 1,18 \text{ sendo } V = 0,009 \text{ p.m.}$$

Os ramos de bifurcação para darem um caudal de 1500 l/s terão em harmonia com a mesma fórmula, o diâmetro $0,72$.

Comprimento total da conduta da 1ª central = 100 m

2ª Central =

Tem também uma conduta única para uma vazão de 3000 l/s bifurcando-se à chegada à Central em 2 ramos tendo cada um um diâmetro de $0,83$ para uma vazão de 1500 l/s .

§ 6º Potencia

1ª central - (Povoá)

Sendo uma central ligada directamente à albufeira de regularização, por meio de conduta forçada, a sua potencia varia com o nível da agua magela, visto que a queda vai de 16 a 33^m.

A perda de carga da conduta é de 0,009 p.m. e 0,10 nas curvas.

Como os tubos de aspiração das turbinas estão 0,35 acima da soleira do canal de fuga, temos para queda útil a queda bruta menos 0,32, isto é, 15,08 no minimo e 32,08 no maximo.

O caudal de 1500^l/seg admitido como rendimento das turbinas 0,80 da, pela formula:

$$P = 0,80 \times \frac{1500 \times H}{75} \text{ C.V. at}$$

potencias:

H = 32,08	26,00	15,08
P = 610	410	241 C.V

Filipe

2ª Central (Braceira)

A queda bruta, incluindo a altura d'água na câmara de carga é de $65,60^m$

Deduções:

0,40	espaço perdido entre os tubos d'aspiração e a soleira do canal de fuga
1,51	perda de carga na condução
0,50	perda de carga nas curvas

A queda útil é pois $63,19$ que com o caudal de 1500^l dá a potência permanente de $1013^c.v$

Capitulo II

Equipamento electro-mecanico das Centraes -

1ª Central -

2 turbinas de 500 c.v. cada uma, de tipo Francis de eixo horizontal, velocidade normal de 500 voltos/p. minuto e 80 a 85 de rendimento.

Os alternadores ligados as turbinas são de corrente trifasica, tipo síncrono, fixo e indutores movel, com as características:

Potencia absorvida sob $\cos \phi = 0,8$: $0,8 \times 500 = 400$

Potencia debitada 435

Tensao 6000 V

Frequencia p/seg. 50 periodos

Velocidade normal 500 voltos por minuto

2ª central =

2 turbinas de 1250 c.v. cada uma com as mesmas características dos antecedentes.

2 alternadores do tipo antecedente com potencia debitada de 1034 c.v.

3ª Central -

Terá 2 turbinas de 2500 c.v. cada uma e um espaço para uma terceira.

~ Capitulo III ~

- Linhas de Transporte -

A Companhia Hidro-Electrica do Alto Alentejo tem actualmente as seguintes linhas de transporte:

- 1) 1ª Central - Castelo de Vide - 6000^v que é a voltagem dos alternadores
- 2) 1ª Central ligada com a 2ª (Pruceira) a 30.000^v seguindo daqui para o entroncamento, e sendo dupla da Pruceira ao Trarmagal.
A tensão é baixada no Rocio d'Alentejo para 6000^v para ir à Vila do Sardoal e de futuro à cidade de Alentejo.
- 3) 2ª Central ligada à 3ª a 6000^v (Trabalha provisoriamente a 800^v baixa tensão para iluminação nos túneis que se estão construindo para o canal da 3ª Central.
- 4) Niza Portalegre e Crato (30.000^v) que sai do posto de seccionamento de Niza bifurcando-se para o Crato.

Todos estas linhas são a 3 fios, montados sobre postes de ferro semos e sobre postes de cimento armado outros.

A secção dos fios foi calculada pela fórmula:

$$S = \frac{P \times l \times P}{\rho \times V^2 \times \cos^2 \varphi}$$

onde $\rho = 1,8$

$p =$ perda em linha 10%

$\cos \varphi = 0,85$

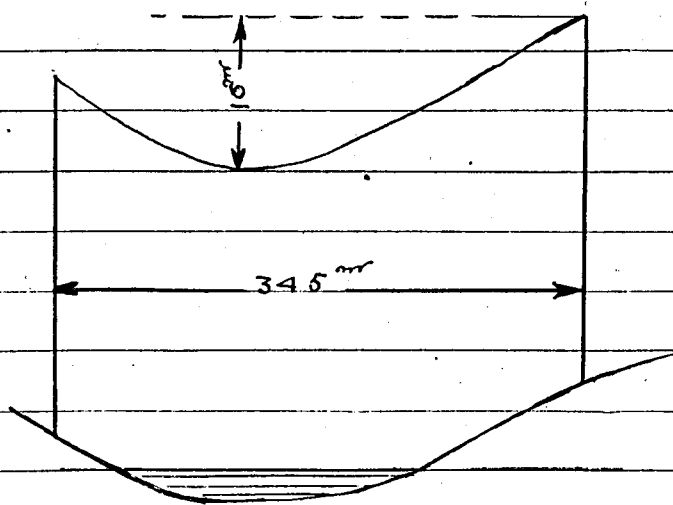
Foi utilizado o fio de Cu electrolitico.

Linha de Transporte - Niza-Maceira

Coincidir este estágio com o estudo por parte da Empresa, com o estudo e construções da linha Niza-Maceira, a fim de poder ser fornecida energia à Fabrica de Cimentos Lig. Transportada pois para este relatório o cálculo de um pilone triangulado de ferro, que servirá para a travessia do Rio Fejo.

Embora não se trate do assunto principal deste relatório, interessa também ao Engenheiro Civil por dizer respeito à sua especialidade.

O vão do arco da linha vale indicado no croqui junto



Escala $\left\{ \begin{array}{l} \text{comprimento} - 1/5000 \\ \text{alturas} - 1/500 \end{array} \right.$

Calculo do pilone -

Os dados da linha são os seguintes:

Vão = 345 m

Armamento { cabos de terna (aço) - secção 30 cm² tensão max 30x19=540
3 conductores de Cu - secção 33 cm² tensão max 33x15=495

O pilone mede desde o nível do solo até a travessa superior do armamento 24,00 d'altura; e tendo conta da parte encostada no massiço de betão que lhe serve de base, a altura total atinge 26 m. (Vide desenho final)

Fez-se variar a secção dos montantes de maneira a não ultrapassar em nenhum ponto a carga pratica do trabalho do aço. Para este efeito, os montantes, reforçados por ferros contornos, foram constituídos em 4 traves de 6 m cada uma da seguinte forma, a partir da parte superior:

- 1º trave (superior) - Cantoneiras 65x65x7
- 2º trave " " 80x80x10
- 3º " " 100x100x10
- 4º " " 110x110x12

Nas faixas os montantes são ligados por um trellis simples, formado por ~~travessas horizontais~~ diagonais inclinadas a 45°

- 1º trave (superior) - Cantoneiras 35x35x4
- 2º " " 35x35x4
- 3º " " 40x40x4
- 4º " " 40x40x4

Um pilone está sujeito a esforços horizontais e verticais

- a) Esforços horizontaes
- 1) accão do vento sobre os conductores
 - 2) " " " " o pilone
 - 3) Tensão dos conductores

- b) Esforços verticaes
- 1) Peso dos conductores
 - 2) " próprio do pilone

~ Esforços horizontaes ~

Cabo de terra

Vento	-	$0,007 \times \left(\frac{175+345}{2} \right) \times 72 = 134$
Tensão max	-	540 674 ^k

Conductores

Vento	-	$3 \times 0,0075 \times \left(\frac{175+345}{2} \right) \times 72 = 429^k$
Tensão max	-	= 1485 1914 ^k

Vento sobre o pilone

1º traco	-	$4 \times 0,065 \times 120 \times 1,5 \times 6,5 = 281^k$
2º "	-	$4 \times 0,080 \times 120 \times 1,5 \times 6 = 345$
3º "	-	$4 \times 0,100 \times 120 \times 1,5 \times 6 = 432$
4º "	-	$4 \times 0,110 \times 120 \times 1,5 \times 6 = 475,2$

~ Esforços verticaes ~

Peso da linha

Cabo d'aco	-	$0,240 \times \frac{175+345}{2} = 64$
conductores	-	$0,311 \times \frac{175+345}{2} = 241$
isoladores	-	$9 \times 20^k = 180 491^k$

Peso do pilone:

1º traco - 4 L de 65x65x7 S=870 P=6,8 I=13,8
 comprimento 6,5
 Peso dos montantes $6,8 \times 6,5 \times 4 = 177^k$

Treillis - L 35x35x4 S=2,67 P=2,09 I_{min}=1,24

Comprimento medio das barras $\frac{9,68+0,83}{2} = 0,74$

42L - Comprimento total - $42 \times 0,74 = 31,08$

Peso do Treillis - $31,08 \times 2,09 = 65^t$

Peso do Troço $177 + 65 = 242^t$

2º Troço = 4 L 80x80x10 S=15,1 P=11,80 I=35,9

Comprimento - 6,5

Peso $11,86 \times 6,5 \times 4 = 308^t$

Treillis L 35x35x4 S=3,08 P=2,09 I=1,86

Comprimento medio das cautozeiras - $\frac{0,83+1,20}{2} = 1,01$

nº de cautozeiras 34

Comprimento total $34 \times 1,01 = 34,34$

Peso $34,34 \times 2,09 = 71,8$

Peso total $308 + 71,8 = 379,8^t$

3º Troço - 4 L 100x100x10 S=19,2 P=15,07 I=43,3

Peso dos montantes $15,07 \times 6,5 \times 4 = 392^t$

Peso dos Treillis:

L 45x45x5 S=4,3 P=3,38 I=3,25

Comprimento medio $\frac{1,20+1,40}{2} = 1,30$

nº de cautozeiras $7 \times 4 = 28$

Comprimento total $28 \times 1,30 = 36,4$

Peso $36,4 \times 3,38 = 88$

Peso total do Troço $392 + 88 = 480^t$

4º Troço = 4 L 110x110x12 S=26,1 P=19,70 I=116

Peso dos montantes $4 \times 19,70 \times 6,5 = 512,20$

Treillis - L 40x40x4 S=3,08 P=2,42 I=1,86

Comprimento medio das cautozeiras 1,56

nº das cautozeiras 24

Comprimento total $24 \times 4,56 = 37,44$
 Peso $37,44 \times 2,42 = 90,6$
 Peso total $512,2 + 90,6 = 602,8$

Cargas verticais totais -

em aa - Peso do pilone 242
 Peso dos cant. e ins. 491
 733

em bb - Peso do pilone 391
 Cargas em aa 733
 1.124

em cc - Peso do pilone 515
 cargas em bb - 515
 1639^k

	junta aa	junta bb	junta cc	No solo
Momentos devidos ao vento sobre o cabo d'aco	$674 \times 6,0 = 4044$	$674 \times 12 = 8088$	$674 \times 18 = 12132$	$674 \times 24 = 16176$
" " " " " os conductores	$1914 \times 4 = 7656$	$1914 \times 10 = 19140$	$1914 \times 16 = 30624$	$1914 \times 24 = 45936$
" " " " " o poste	$281 \times 3 = 843$	$843 + 345 \times 3 = 1878$	$1878 + 432 \times 3 = 3174$	$3174 + 475 \times 3 = 4599$
Distancia dos centros de grav. dos mont. d	$\frac{12543}{0,70}$	$\frac{29106}{1,00}$	$\frac{45930}{1,30}$	$\frac{66711}{1,60}$
Compressões resultante $\frac{m}{2L}$	$\frac{12543}{1,40} = 8959$	$\frac{29106}{2} = 14553$	$\frac{45930}{2,6} = 17664$	$\frac{66711}{3,2} = 20847$
Idem devidas as cargas verticais	$\frac{733}{2} = 366$	$\frac{1124}{2} = 562$	$\frac{1639}{2}$	$\frac{2025}{2}$
Compressões total	9369	15115	19303	22872
Secção bruta de 2 montantes	$2 \times 870 = 1740$	$2 \times 1510 = 3020$	$2 \times 1420 = 2840$	$2 \times 2510 = 5020$
I_{min} d'um montante	13,8			
Comprimento livre $L =$	0,60	0,73	0,90	1,10
Coef. de Resal $\lambda = 1 + \frac{9011 \cdot S \cdot P^2}{4 I_{min}}$	1,131	1,123	1,586	1,656
Fadiga total $\frac{\sigma}{S} \cdot \lambda =$	6,09	6,40	7,96	7,53

- Juntas -

Junta aa = 5 parafusos de 12,6^{mm} em cada montante
em 2 montantes 10 parafusos

$$\text{Trabalho ao corte} \quad \frac{9369}{10 \times 123} = 7,61 / \text{cm}^2$$

$$\text{Coef. de segurança} \quad \frac{32}{7,61} = 4,2$$

Junta bb = 7 parafusos de 14^{mm} em cada montante

$$\text{Trabalho ao corte} \quad \frac{15715}{14 \times 154} = 7,2$$

$$\text{Coef. de segurança} \quad \frac{32}{7,2} = 4,4$$

Junta cc = 7 parafusos de 16^{mm} em cada montante

$$\text{Trabalho ao corte} \quad \frac{19303}{14 \times 201} = 6,8$$

$$\text{Coef. de segurança} \quad \frac{32}{6,8} = 4,7$$

- Calculo das Trellis -

1º Troço - Cantoneira 35x35x4 S=267 I=1,24 Comprimento livre = 9,80

$$d_0 = 11,20$$

$$\text{Esforço} \quad \frac{M}{d_0} = \frac{12543}{11,20} = 1119$$

$$I = 1 + \frac{0,011 \times 2 \times 2,67 \times 0,802}{4 \times 1,24} = 1,38$$

$$\text{Fadiga} \quad - \frac{1119}{2 \times 267} \times 1,38 = 2,90$$

Rebites : 1 em cada diagonal ou seja 2 no sentido dos esforços

2 rebites de 10^{mm} S = 2,82

$$\text{Trabalho ao corte} \quad \frac{1119}{2 \times 79} = 7,05$$

2º Troço - L 35x35x4 comprimento livre - 1,0

$$d_0 = 16,93 \quad \frac{M}{d_0} = \frac{19140}{16,93} = 1132$$

$$I = 1 + \frac{0,011 \times 2 \times 267 \times 1}{4 \times 124} = 1,98$$

Rebites de $\phi 10^{mm}$

$$\text{Trabalho ao corte } R_c = \frac{1132}{2 \times 79} = 7,20$$

3º Troço =

L 40x40x4 S = 308 I = 1,86

$d_0 = 21,59$ comprimento livre 1,40

$$\frac{M}{d_0} = \frac{45930}{21,59} = 2132$$

$$I = 1 + \frac{0,011 \times 2 \times 308 \times 1,402}{4 \times 186} = 1,178$$

$$\text{Fadiga} = \frac{2132 \times I}{2 \times 308} = 4,07$$

Rebites de $\phi 14^{mm}$ S = 154

$$\text{Trabalho ao corte } \frac{2132}{2 \times 154} = 6,9$$

4º Troço =

L 40x40x4 $d_0 = 27,52$ comprimento livre 1,73

$$I = 1 + \frac{0,011 \times 2 \times 308 \times 1,73^2}{4 \times 180} = 1,27$$

$$\text{Fadiga Total } \frac{2414}{308} \times I = 3,92 \times 1,27 = 4,97$$

Rebites $\phi 15^{mm}$ S = 2x177

$$\text{Trabalho ao corte } \frac{2414}{2 \times 177} = 6,8$$

Parafusos de encastramento:

Trabalho do furo 8 t/mm^2

$$\text{esfuro} = \frac{66711}{2} = 33355 \text{ t}$$

$$\frac{33355}{8} = 4169 \text{ mm}^2$$

$$\frac{4169}{2} = 2534$$

$$S = 0,785 \cdot d^2 \quad d = \sqrt{\frac{2534}{0,785}} \quad \text{Varão de } \phi 55 \text{ mm}$$

Maciço de betom =

$$\text{Formula de Schutz } l_2^3 = \frac{P(l + \frac{h}{2}) - 1670 R^2 l_1 P}{835 p} \quad \text{reudo}$$

$$l = 24 \quad P = 1914 \times 67,4 = 2588$$

$$l_1 = 2,30$$

$$R = 2,0$$

$$M = 2588 \times 24 = 62114$$

$$p \text{ reudo} = 1,65$$

$$\text{Donde } l_2^3 = 2588 \times \frac{(24 + 1) - 1670 \times 2 \times 2 \times 2,3 \times 1,65}{835 \times 1,65}$$

$$l_2 = 3,07$$

Fidelio

Firm



RIBEIRA de NIZA

Caudaes medios diarios e caudaes maximos, medios, minimos e totaes mensaes em m³/seg.

Ano 1923-1924

Mapa A

	Junho	Julho	Agosto	Setemb.	Outubro	Novemb.	Dezemb.	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió
1	0,300	0,070			0,005	0,480	0,800	0,780	1,400	1,800	5,600	1,650
2	0,300	0,065			0,005	0,480	0,800	0,780	1,400	1,700	5,550	1,650
3	0,300	0,065			0,005	0,500	0,750	0,780	1,200	1,600	5,260	1,250
4	0,250	0,060			0,005	0,490	0,750	0,780	1,200	1,600	10,000	1,200
5	0,250	0,060			0,005	0,490	0,900	0,780	1,200	1,600	17,050	1,200
6	0,250	0,055			0,005	0,490	1,000	0,780	1,200	1,600	7,920	1,200
7	0,230	0,055			0,005	0,490	1,200	1,000	1,200	2,200	10,000	1,250
8	0,230	0,050			0,005	0,490	1,200	2,800	1,650	2,100	7,920	1,200
9	0,220	0,050			0,005	0,500	1,550	3,800	9,600	2,400	5,600	1,150
10	0,200	0,045			0,005	0,480	1,800	2,000	16,000	1,600	5,260	1,350
11	0,200	0,045			0,005	0,510	1,800	3,800	7,920	1,600	5,260	1,100
12	0,200	0,040			0,010	0,510	1,600	2,500	12,000	1,600	5,000	1,000
13	0,170	0,035			0,010	0,510	1,500	2,400	8,000	1,600	4,500	0,800
14	0,160	0,035			0,010	0,490	1,500	4,100	9,600	1,600	4,000	0,750
15	0,160	0,030			0,050	0,420	1,500	40,000	5,500	1,500	7,920	0,700
16	0,160	0,030			0,100	0,400	1,450	8,000	5,260	1,400	4,200	0,700
17	0,160	0,025			0,100	0,350	1,450	5,500	4,600	1,400	4,000	0,700
18	0,140	0,025			0,160	0,370	1,450	5,260	4,600	3,800	3,100	0,800
19	0,140	0,020			0,150	0,490	1,450	4,300	4,500	6,500	2,800	0,900
20	0,140	0,020			0,150	0,580	1,450	4,000	3,800	26,000	2,800	0,900
21	0,130	0,020			0,150	0,580	1,450	4,000	3,800	7,900	2,700	0,800
22	0,120	0,020			0,100	0,900	1,450	3,200	3,200	5,300	2,600	0,800
23	0,110	0,020			0,100	5,800	1,450	3,800	3,100	16,000	2,400	0,700
24	0,100	0,015			0,100	19,400	1,300	2,600	2,600	48,000	2,150	0,600
25	0,100	0,015			0,100	14,300	1,300	2,600	2,600	26,000	2,150	0,600
26	0,090	0,015			0,200	5,800	1,450	2,500	2,500	64,660	2,150	0,500
27	0,090	0,010			0,400	0,900	1,000	2,400	2,200	20,000	2,000	0,500
28	0,085	0,010			0,580	0,900	0,900	2,000	2,000	26,000	1,650	0,500
29	0,085	0,010			0,580	0,900	0,900	2,000	2,000	9,600	1,650	0,400
30	0,085	0,010			0,580	0,900	0,900	1,600	2,000	9,400	1,650	0,350
31		0,005			0,580		0,800	1,600		7,600		0,350
Maximo	0,300	0,070			0,580	19,400	1,300	40,000	18,000	61,660	17,050	1,650
Medio	0,165	0,033			0,137	1,983	1,341	3,853	4,062	8,529	3,834	0,879
Minimo	0,085	0,005			0,005	0,350	0,800	0,780	1,200	1,400	1,680	0,380
Totals	443.664	88.992			338.496	5.139.936	3.323.894	10.589.184	10.177.748	25.522.473	9.939.428	2.354.400

Ribeira completamente seca

Ribeira completamente seca

CAUDAES por MEZES, ESTAÇÕES e ANO

Caudaes caracteristicos

no ano 1923-1924.

MAPA B

Anos	Outono				Inverno				Primavera				Verão				Caudal medio anual	Caudaes caracteristicos				
	Setembro	Outubro	Novembro	Caudal medio da estação	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Caudal medio da estação	Março	Abril	Maio	Caudal medio da estação	Junho	Julho	Agosto	Caudal medio da estação		media em 6 mezes	media em 7 mezes	media em 8 mezes	media em 9 mezes	de estiagem
1923-1924	0,000	0,137	1,383	0,706	1,341	3,953	4,062	3,119	9,529	3,834	0,879	4,747	0,165	0,033	0,00	0,066	2,158	0,800	0,480	0,140	0,020	0,000
		Ano de 1923			Ano de 1923			Ano de 1924			Ano de 1924			Ano de 1924								
Caudaes medios	0,000	0,137	1,383	0,706	1,341	3,953	4,062	3,119	9,529	0,834	0,879	4,747	0,165	0,033	0,000	0,066	2,158	0,800	0,480	0,140	0,020	0,000
Caudaes integraes	5.478.432 m ³				24.090.766				37.826.309				532.656				Area da bacia 155 km ²					
Volumes de chuva	59.008.500				52.281.500				50.049.500				7.455.500									
Coeficientes de escoamento	0,092				0,467				0,755				0,071				0,402					

CHUVA EM mm

PORTALEGRE

Anos de 1910-1924

Mapa C

Anos	Estações															Total anual	
	Outono				Inverno				Primavera				Verão				
	Setembro	Outubro	Novembro	Total por estação	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Total por estação	Março	Abril	Maió	Total por estação	Junho	Julho	Agosto		Total por estação
1910-1911	1,0	117,3	72,1	190,4	160,4	31,2	9,0	190,6	74,0	38,1	67,5	179,6	60,0	0,0	26,2	86,2	646,8
1911-1912	16,0	107,6	73,8	197,6	69,4	86,8	185,1	341,3	57,5	30,8	16,2	103,5	10,2	3,6	10,5	24,3	666,7
1912-1913	20,2	76,5	14,4	111,1	21,1	190,0	49,0	260,1	70,7	30,5	55,3	156,5	4,3	0,0	3,8	7,9	535,6
1913-1914	83,7	206,1	61,4	361,2	20,8	35,3	125,6	181,7	22,7	31,5	56,3	110,5	19,8	1,1	10,8	31,7	675,1
1914-1915	0,0	109,2	62,7	171,9	169,1	81,9	199,6	450,6	191,1	26,6	87,5	306,2	4,8	1,0	3,0	8,0	935,7
1915-1916	16,6	38,0	154,6	208,1	178,2	36,8	141,5	356,5	224,5	26,0	66,0	316,5	28,0	106,0	1,4	135,4	1.017,5
1916-1917	54,3	21,2	186,3	261,8	276,5	155,2	170,2	601,3	107,1	67,0	92,0	271,1	22,6	0,0	1,8	24,4	1.169,2
1917-1918	66,4	33,6	0,0	100,2	38,2	201,8	14,8	254,6	67,4	89,1	49,0	245,5	0,4	2,4	6,0	8,4	608,9
1918-1919	84,8	32,2	86,7	492,5	48,9	198,6	256,0	503,6	128,4	100,7	16,6	243,7	9,7	1,6	0,0	10,6	1.250,3
1919-1920	31,9	19,6	129,0	175,5	106,2	75,8	57,7	233,6	71,0	104,4	219,1	394,5	9,4	0,0	0,0	9,4	812,9
1920-1921	42,4	210,0	110,4	362,8	48,8	30,0	77,2	156,1	17,6	16,8	87,0	121,4	10,9	0,0	0,0	10,9	651,2
1921-1922	122,2	63,0	144,9	310,1	57,0	155,4	26,4	217,8	118,2	37,2	112,2	268,1	17,6	4,0	61,5	83,1	899,2
1922-1923	42,9	186,1	52,7	281,3	91,7	7,3	180,7	279,7	69,8	161,7	20,8	252,3	32,1	16,0	0,0	48,1	861,4
Somas	584,4	1.215,8	1.147,9	3235,4	1256,3	1280,9	1485,9	4027,5	1218,0	860,4	950,0	2968,4	229,8	135,7	124,8	458,4	10720,5
Medias	44,9	93,5	88,3	226,7	96,6	98,5	114,3	309,4	93,6	66,1	73,0	232,8	17,6	10,4	9,5	37,5	806,4

CHUVAS e CAUDAES PROVAVEIS EM ANO MEDIO

período de 1910-1924

MAPA-D

		ANO medio			
		Outono	Inverno	Primavera	Verão
Altura de chuva em m/m		226,7	309,4	232,8	37,5
Area da bacia		155,0 km ²			
Coeficiente de escoamento		0,092	0,467	0,755	0,071
Caudaes medios	Por estação	0,518	2,289	3,514	0,044
	Por ano	1,584			
Caudaes característicos	De estiagem	0,000			
	Industrial 9 mezes	0,015			
	Em 8 mezes	0,102			
	Em 7 mezes	0,352			
	Media em 6 mezes	0,587			



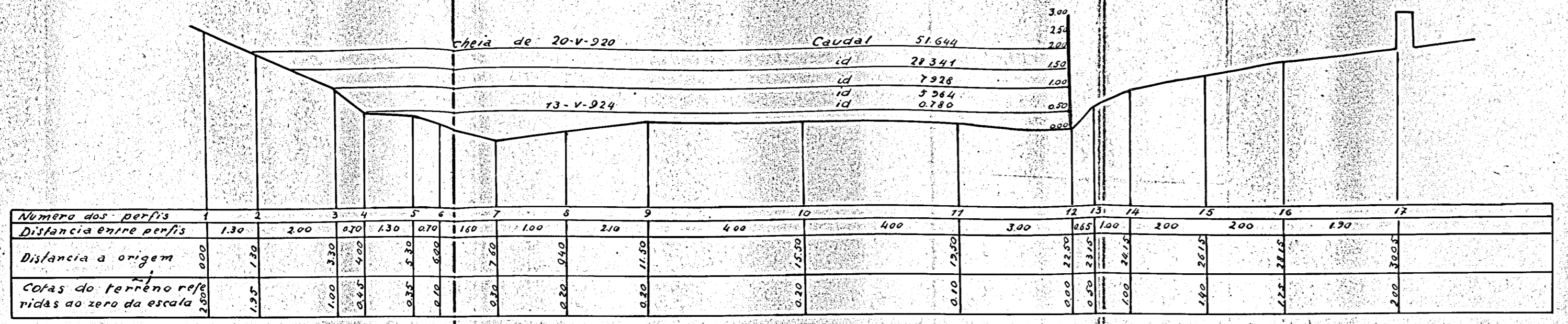
*Esquema do Aproveitamento
Hidro-Electrico da Ribeira de Niza*

Escala $\frac{1}{100.000}$

PERFIL DA RIBEIRA DE NIZA PRÓXIMO DA ESCALA HIDROMÉTRICA

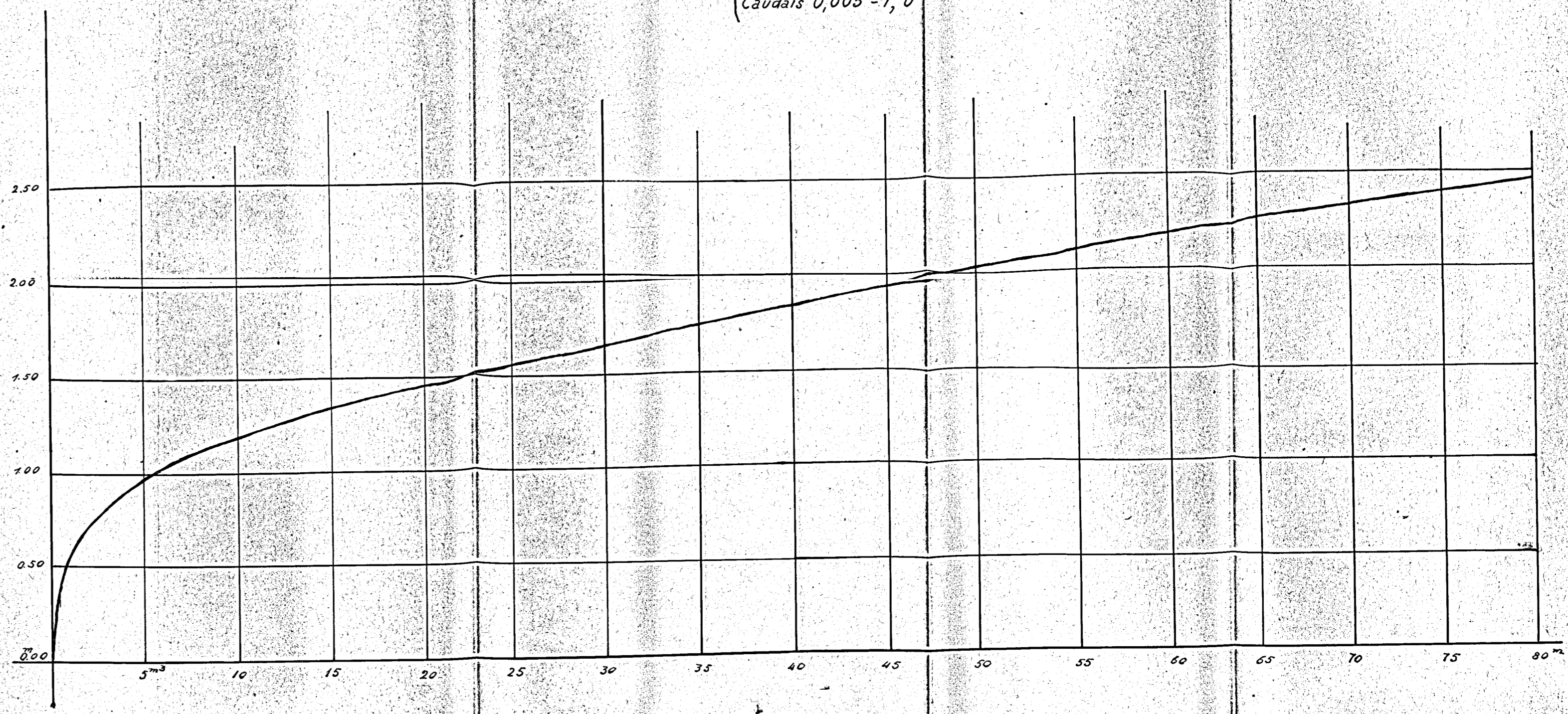
(a montante do local da barragem)

Escala = 1/100

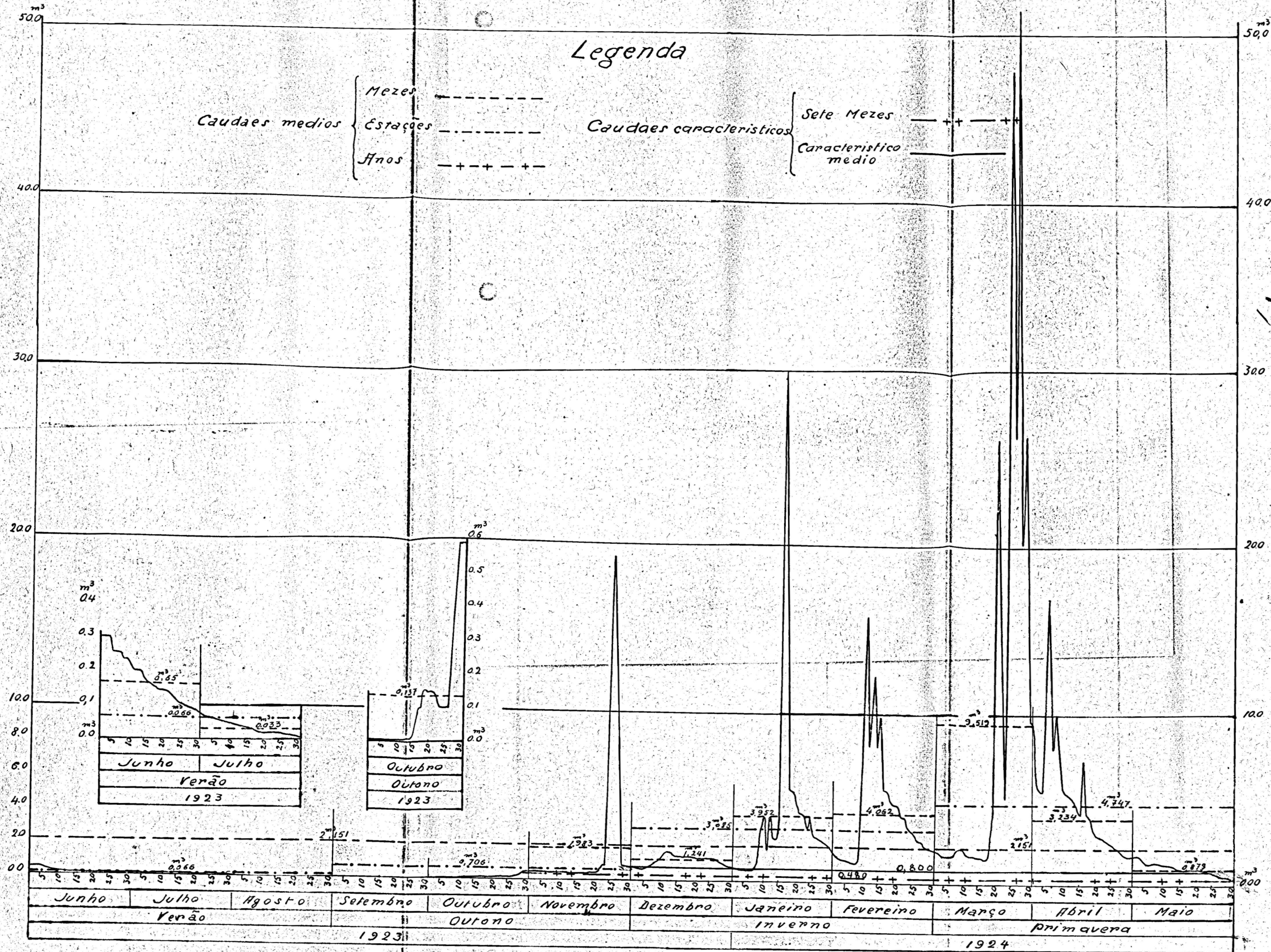


CURVA DE VASÃO NO LOCAL DA ESCALA HIDROMÉTRICA

Escalas { Alturas 0,05 = 1^m
Caudais 0,005 = 1^m³



CURVA DOS CAUDAIS NO PERIODO 1923 (JUNHO) A 1924 (MAIO)



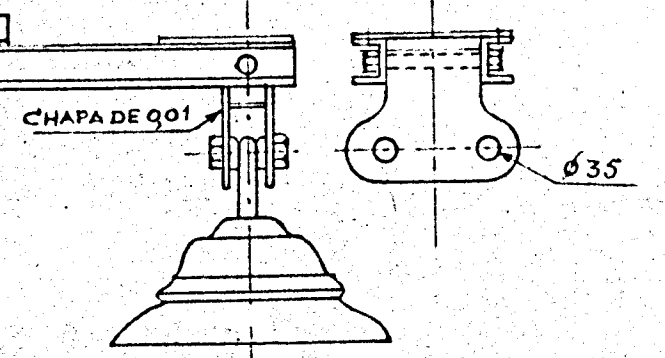
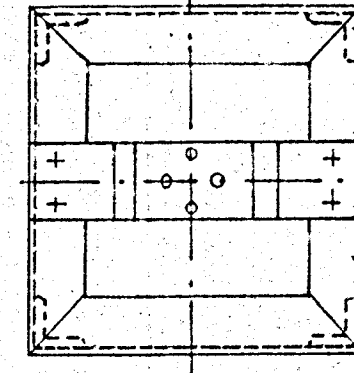
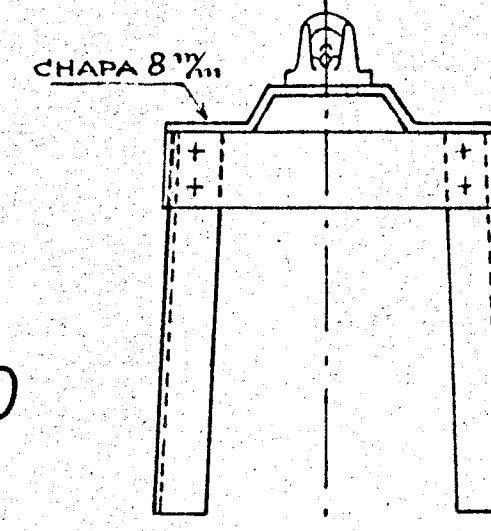
HIDRO ELECTRICA ALTO ALENTEJO

LINHA A 6000VOLTS - PILONES DE TESTA - PASSAGEM DO TEJIO

CABEÇA DO POSTE

ESCALA 1/75

ESCALA 1/10



DETALHE DO BRAÇO

