



MINISTÉRIO DA VIAÇÃO E OBRAS PÚBLICAS
DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SÊCAS

Boletim

— Relatório Preliminar Sobre o Vale do Moxotó	133
— Introdução ao Aero-Levantamento	187
— Açude Público Orós — Potência a Instalar	231
— Relatório dos Trabalhos Efetuados na Barragem do Açude Quixabinha	247
— Simplificação dos Cálculos de Barragens e Outras Estruturas, Levando em Conta as Incertezas dos Dados Experimentais	257
— Variação do Nível de um Reservatório. Caso das Represas. Método Gráfico de Közeny	273

SÉRIE: PLANEJAMENTO, ESTUDOS E PROJETOS
VOL. 23 — Nº 12 — JUNHO DE 1965

Este BOLETIM é uma publicação trimestral do DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SÊCAS (DNOCS).

É distribuído gratuitamente.

Tôda correpondência deverá ser dirigida para :

— DNOCS — DPEP — Boletim

Rua Cônego Barata, 999 — Tamarineira

Recife, Pernambuco — Brasil.

End. teleg. : SECAVIA DPEP BOLETIM — Recife.

É permitida a livre transcrição de qualquer matéria, desde que seja citada a fonte, título, data e página.

This Bulletin is a quarterly publication of the National Department of Works Against Droughts — (DNOCS). It is given away free of charge.

Every mailling must be sent to :

— DNOCS — DPEP — Bulletin.

Rua Cônego Barata, 999 — Tamarineira.

Recife, Pernambuco — Brazil.

Cable address : SECAVIA DPEP BULLETIN — Recife.

It can be rewritten partly or entirely, since page, date, title and origin are mentioned.

S U M Á R I O

- Relatório preliminar sobre o Vale do Moxotô	133
- Introdução ao aero-levantamento	187
- Açude público Orós - potência a instalar	231
- Relatório dos trabalhos efetuados na barragem do açude Quixabinha	247
- Simplificação dos cálculos de barragens e outras estruturas, levando em conta as incertezas dos dados experimentais	257
- Variação do nível de um reservatório. Caso das represas. Método gráfico de Kozeny	273

DEPARTAMENTO NACIONAL DE
OBRAS CONTRA AS SÊCAS

BOLETIM

FUNDADO EM 1934

REDAÇÃO

Rua Cônego Barata, n.º 999 — Tamarineira
RECIFE

Solicita-se permuta com publicações congêneres

Se desea en canje com las publicaciones similares

Exchange with similar publications is desired

On desire l'échange avec les publications congénères

Si desidera il cambio colle pubblicazioni congeneri

Wir bitten sie um Austausch mit ähnlichen Fachzelt schriften.

VALE DO MOXOTÓ
RELATÓRIO PRELIMINAR

Setembro, 1964

O presente relatório foi elaborado pela equipe da Divisão de Planejamento, com a colaboração da Divisão de Estudos e Projetos da Diretoria de Planejamento, Estudos e Projetos. Forneceram também valiosos subsídios a Diretoria de Fomento e Produção e o 3.º Distrito de Obras do D.N.O.C.S.

Ressalvamos, entretanto, que os erros, imperfeições ou omissões nele contidos, são da inteira responsabilidade da Divisão de Planejamento.

Eng.º DAVID KITOVER
Diretor da Divisão de Planejamento

1 — INTRODUÇÃO

Planejar o aproveitamento de uma bacia de drenagem pressupõe a execução de diversas etapas de trabalho, abrangendo disciplinas técnicas as mais diversas. A primeira consiste na obtenção de um inventário das informações existentes, no qual deverão ser incluídos todos os elementos concernentes aos fatores e setores de produção da área. A análise seletiva dessas informações, a programação da complementação do inventário e a indicação dos estudos e trabalhos adicionais são os objetivos seguintes.

Realizados todos os estudos técnicos, econômicos e sociais básicos que permitam identificar as variáveis mais importantes para o desenvolvimento do vale, está o organismo encarregado do seu aproveitamento capacitado a efetuar o seu planejamento.

A fase imediata abrange a execução de projetos específicos de investimento em obras que aproveitem para fins múltiplos os recursos naturais da área, a intensificação de programas de melhoramento da Agricultura e da Pecuária, a promoção de projetos industriais e a adequação dos serviços existentes na bacia aos objetivos do plano. Em último lugar, mas não menos importante, apresenta-se a fase da operação dos projetos realizados.

Este é, em linhas muito gerais, o modelo a ser seguido na execução do aproveitamento integrado de uma bacia de drenagem ou de uma unidade econômico-social qualquer. Para consegui-lo, torna-se necessário, além de um considerável consumo de tempo, a participação de uma equipe de técnicos identificados com esse tipo de trabalho, aliada a um apôio completo dos escalões administrativos competentes.

Esse procedimento entretanto, tem que ser adaptado à realidade da região semi-árida do Nordeste, zona de atuação do DNOCS.

Em primeiro lugar, verifica-se que, pelo menos em relação às bacias do núcleo da região sêca do Nordeste (aquelas compreendendo os Estados de Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará), já existem consideráveis investimentos realizados pelo Governo Federal, os quais, apesar de apresentarem padrões de eficiência os mais diversos, foram os fatores decisivos para a permanência e aumento da população ali existente, podendo-se dizer que, sem eles, ela teria sucumbido ou emigrado.

Na medida em que a pobreza dos recursos físicos da região é reconhecida, aumenta a importância de sua utilização eficiente. Por outro lado, a presença de uma população com elevada taxa de crescimento confere a essa utilização um caráter de urgência.

No que compete ao DNOCS, o centro de suas responsabilidades parece definido : **aproveitar de forma coordenada os recursos hídricos da região em projetos de múltiplas finalidades.**

O presente relatório, elaborado com vistas ao vale do Moxotó, e em relação ao qual são válidas tôdas as considerações feitas acima, tem como objetivos principais :

- a. Fornecer dados gerais sôbre o vale, incluindo alguns que não se relacionam diretamente com as atribuições do DNOCS;
- b. Apresentar recomendações vinculadas à elaboração e execução de um plano de aproveitamento, enfatizando :
 - b.1. Realização do estudo integrado da bacia;
 - b.2. Aproveitamento racional das obras hidráulicas existentes e em construção;
 - b.3. Programa de Engenharia Rural.

2 — ASPECTOS ECONÔMICO-SOCIAIS

2.1 LOCALIZAÇÃO, POPULAÇÃO

A bacia do Moxotó está compreendida em área pertencente aos Estados de Pernambuco e Alagoas, totalizando 9.900 km², dividida administrativamente em dez municípios : Arcoverde, Custódia, Inajá, Sertânia, Tacaratu, Buique e Petrolândia, em Pernambuco; Água Branca, Delmiro Gouveia e Mata Grande, em Alagoas. (Vide mapas 1 e 2.)

A superfície da bacia não corresponde exatamente ao cômputo das áreas dos municípios compreendidos. Apenas Arcoverde, Sertânia e Inajá estão completamente situados na mesma.

A população dos municípios nela situados ascende a 223.270 habitantes. Fazendo uma estimativa do efetivo populacional localizado na região, foi obtido um total de 181.365 habitantes, de vez que os municípios de Buique, Petrolândia, Custódia, Tacaratu, Água Branca, Delmiro Gouveia

e Mata Grande têm apenas uma parte de suas áreas compreendida no vale (Vide quadro 1 e 2). Essa população está distribuída segundo as porcentagens aproximadas de 25% para as zonas urbanas e 75% para as zonas rurais. A densidade demográfica média é de 18,32 habitantes/km², superior, portanto, à densidade média do Nordeste, estimada pelo IBGE, para 1964, em cerca de 15,7 habitantes/km². (Vide mapa n.º 2.)

2.2 INDÚSTRIA

Desenvolve-se na bacia uma incipiente atividade industrial, ocupando cerca de 3.000 pessoas que empregam seus serviços em 450 estabelecimentos.

Entre as mais importantes, destacam-se as fábricas de doces, beneficiamento de algodão, bem como a indústria de tecido de Delmiro Gouveia, que emprega um total de 1.300 pessoas. (Vide quadro n.º 6.)

2.3 AGRICULTURA

A população se dedica preferencialmente às atividades agropecuárias e muito particularmente à Agricultura, tendo como cultivo principal o algodão, a mamona, o feijão, o milho e a mandioca. A cultura do sisal e da goiaba, nos últimos anos, vem-se tornando mais intensiva. O primeiro, pelo bom preço alcançado no mercado internacional e o último, com a instalação de fábricas de doces em Arcoverde e Buíque. A Agricultura da região obedece a uma técnica primária, sendo, em geral, de baixo rendimento. Temos, por exemplo, o caso da mamona, cujo rendimento decresceu de mais de 50% : de 1.300 kg/ha em 1935 para menos de 400 kg/ha em 1962, o que se deve atribuir mais ao esgotamento dos solos do que às irregularidades climáticas. As culturas do milho e do feijão apresentaram um rendimento de 700 e 790 kg/ha respectivamente, em 1962. Ressalte-se que a produtividade média do Nordeste foi de 538 e 797 kg/ha, no mesmo ano.

Existem no vale 22.346 propriedades, abrangendo uma área total de 690.499 ha, dos quais 105.251 cobertos com lavoura. Dedicam-se às atividades agrícolas cerca de 85.964 pessoas, que dispõem de apenas 24 tratores e 1.027 arados. Segundo dados coletados pelo Banco do Nordeste do Brasil, referentes ao ano de 1962, a produção agrícola da bacia atingiu os seguintes valores :

Produtos	Area (ha)	Unidade de Referência	Quantidade	Valor Prod. (Cr\$ 1.000)
Algodão em caroço	53.379	Arroba 15kg	812.900	577.572
Mamona	13.259	kg	4.965.700	191.207
Feijão	15.146	Saco 60 kg	161.050	371.976
Mandioca	5.221	Tonelada	54.314	97.768
Milho	19.716	Saco 60kg	261.380	187.592
TOTAL				1.426.115

(Vide quadros 3 e 4.)

Deve-se ainda fazer menção aos silos instalados em Arcoverde, com auxílio financeiro do DNOCS, para colocação dos produtos agrícolas da região, com justo preço, no mercado consumidor. Tais silos não estão sendo utilizados.

2.4 PECUARIA

A Pecuária constitui uma atividade importante na bacia, apesar de praticada de forma extensiva e sem nenhum emprêgo de modernas técnicas. Em 1960, a estimativa da população pecuária atingiu as seguintes cifras:

Bovinos	152.000
Suínos	97.000
Ovinos	181.000
Equinos	29.000
Muares	24.000
Asininos	32.000
Caprinos	284.000

(Vide quadro n.º 5 e mapa n.º 8.)

Nos dados acima, destaca-se a criação de caprinos que, principalmente devido à sua resistência às intempéries, característica que lhe é peculiar, atinge na região a maior cifra

As atividades pecuárias se revestem de particular importância se bem atentarmos para as afirmações de Guimarães Duque, no seu livro *Solo e Água no Polígono das Secas*: "O clima sêco é melhor para o pasto que para os cereais. Durante cada dez anos, temos em média oito anos bons para o pasto; a lavoura não conta com esta relativa garantia".

2.5 REDE BANCARIA

Existem ao todo cinco agências bancárias localizadas no vale: três em Arcoverde, uma em Sertânia e uma em Mata Grande. Estas pertencentes ao Banco do Nordeste e aquelas três aos Bancos do Brasil S.A., do Povo S.A. e Nacional do Norte S.A.

2.6 ASSISTÊNCIA MÉDICO-SOCIAL

Os escassos serviços médico-assistenciais existentes na bacia estão concentrados nas sedes dos municípios, de modo que as populações rurais se encontram desamparadas, em vista das grandes distâncias a serem percorridas para atingir as cidades onde estão instalados aqueles serviços e da dificuldade de meios de transporte. O DNOCS dá assistência médico-dentária a seus funcionários e dependentes, dispondo de serviços em Arcoverde, sede do 3.º D.O., e nas obras dos açudes Poço da Cruz e Custódia.

2.7 ABASTECIMENTO D'ÁGUA

As cidades de Arcoverde e Sertânia são servidas por sistemas de abastecimento d'água dentro de moldes técnicos regulares, embora deficientes. As outras, não possuem qualquer sistema de abastecimento fundamentado nas mais preliminares normas técnicas.

Com a construção do açude Custódia, pelo DNOCS, será resolvido o problema do abastecimento da sede do município de Custódia. Quanto ao de Arcoverde, encontra-se em fase de estudos a sua ampliação, em virtude do manancial existente (Brejo S. José), não ser capaz de atender à demanda atual. (Vide mapa n.º 4.) (*)

2.8 MEIOS DE TRANSPORTE

A bacia é cortada por duas rodovias federais — a BR-12, que liga Petrolândia, Ibimirim e Sertânia e a BR-25 que liga Custódia e Arcoverde ao Recife, as quais se cruzam na vila de Riacho Sêco (atualmente Cruzeiro do Nordeste), distante 24km de Arcoverde — por várias rodovias estaduais. Entre as mais importantes, destacam-se: rodovia PE-78, ligando Arcover-

(*) Vide "Estudo Hidrogeológico do Brejo de São José", in Boletim, n.º 11 — Vol. 23. março de 1965.

de-Buique-Tupanatinga-Águas Belas; rodovia **PE-77**, ligando Arcoverde-Pedra-Garanhuns; rodovia **PE-87**, ligando Sertânia-Custódia; **PE-81**, ligando Ibimirim-Floresta. Ressalte-se, ainda, a ligação da rodovia Mata Grande-Inajá com a **BR-12**, na altura do lugarejo denominado Hotel do Peba, distante 40 km de Ibimirim e a ligação dos municípios Mata Grande-Delmiro Gouveia-Água Branca com a capital do Estado de Alagoas.

Por sua vez a Rêde Ferroviária do Nordeste liga Recife a Arcoverde. Sertânia e Salgueiro. A junção entre Petrolândia (Pe) e Piranhas (Al) foi eliminada pela R.F.N. por ser altamente deficitária.

2.9 RÊDE ELÉTRICA

Outra etapa prevista é dotar de energia elétrica, através do Departamento de Águas e Energie-Pe., tôdas as localidades que ainda não dispõem dêsse serviço, criando-se, assim, maiores possibilidades de implantação de novas indústrias na região que visem ao aproveitamento da matéria-prima local, além de sua utilização para consumo doméstico.

3 — ASPECTOS FÍSICOS

3.1 CLIMATOLOGIA

O clima da bacia é do tipo equatorial semi-árido, o mesmo observado na região que se estende do Piauí ao norte de Minas Gerais.

Por falta de observações meteorológicas e climatológicas da área, deixa-se de apresentar dados sôbre vento, umidade, temperatura e insolação. Entretanto, nas localidades onde estão situadas as estações evaporimétricas do item 4, coletam-se também dados de temperatura e umidade.

3.1.1 Pluviometria

As primeiras observações pluviométricas no vale do Moxotó datam de 1911, conforme pode ser visto no mapa n.º 11. O mapa n.º 10 dá a posição geográfica de 50 postos situados na bacia e arredores, os quais poderão ser utilizados em estudos hidrológicos da região. 28 dêles fazem parte da rêde recém-instalada pelo GRUPO EXECUTIVO MISTO DE HIDROLOGIA-SUDENE-DNOCS (GEMH) e estão representados no referido mapa com um círculo cheio.

O quadro abaixo apresenta a relação nominal dos 50 postos existentes dentro da bacia e nas suas vizinhanças :

POSTOS PLUVIOMÉTRICOS NA REGIÃO DA BACIA DO MOXOTÓ-PERNAMBUCO

N.º	Estação	Estado	Órgão Instalador
01	Amaro	Pe.	GEMH
02	Buíque	Pe.	DNOCS
03	Inajá	Pe.	GEMH
04	Irajaí	Pe.	GEMH
05	Moxotó	Pe.	DNOCS
06	Manari	Pe.	GEMH
07	Fátima	Pe.	GEMH
08	Betânia	Pe.	DNOCS
09	Algodões	Pe.	DNOCS
10	Flôres	Pe.	DNOCS
11	Arcoverde	Pe.	DNOCS
12	Capiá	Al.	DNOCS
13	Airi	Pe.	DNOCS
14	Tará	Pe.	DNOCS
15	Xilili	Pe.	GEMH
16	Sertânia	Pe.	DNOCS
17	Tacaratu	Pe.	DNOCS
18	Delmiro Gouveia	Al.	GEMH
19	Carualina	Pe.	GEMH
20	Carnaíba	Pe.	GEMH
21	Monteiro	Pb.	DNOCS
22	Custódia	Pe.	DNOCS
23	Geritacó	Pe.	DNOCS
24	Pedra	Pe.	GEMH
25	Glória	Ba.	DNOCS
26	Água Branca	Al.	DNOCS
27	Quitimbu	Pe.	GEMH
28	Mata Grande	Al.	DNOCS
29	Poço da Cruz	Pe.	DNOCS
30	Moderna	Pe.	GEMH
31	Rio da Barra	Pe.	GEMH
32	Vila de Volta	Pe.	GEMH
33	Alogados da Ingazeira	Pe.	DNOCS
34	Fz. Cachoeira dos Leites	Pe.	DNOCS
35	Fz. Pernambuco	Pe.	DNOCS
36	Fazenda Caiçara	Pe.	GEMH
37	Henrique Dias	Pe.	GEMH
38	Juazeiro dos Cândidos	Pe.	GEMH
39	Fazenda Soares	Pe.	GEMH
40	Olho d'Água do Bruno	Pe.	GEMH
41	Poço do Alexandre	Pe.	GEMH
42	Ponto da Virgem	Pe.	GEMH
43	Petrolândia	Pe.	DNOCS
44	Fazenda Jacaré	Pe.	GEMH
45	Brejo do Priore	Pe.	GEMH
46	Brejo de São José	Pe.	DNOCS
47	Tupanatinga	Pe.	GEMH
48	S. Sebastião do Umbuzeiro	Pb.	GEMH
49	Sítio dos Nunes	Pe.	GEMH
50	Jabitacá	Pe.	GEMH

3.1.2 Fluviometria

Os únicos dados fluviométricos disponíveis relativos ao rio Moxotó são as leituras linimétricas relativas ao ano de 1964, em uma escala instalada pelo GEMH em Poço Dantas, além de uma medição de descarga lá realizada. Essa escala, situada a jusante do açude Poço da Cruz, fica situada nas proximidades da cidade de Inajá, conforme pode ser visto no mapa n.º 10.

3.1.3 Evaporimetria

Não existe nenhuma estação evaporimétrica na bacia do rio Moxotó. Entretanto, à guisa de informação, apresentam-se a seguir as 4 estações mais próximas, instaladas pelo GEMH em 1964, e que podem, eventualmente, serem utilizadas nos estudos hidrológicos :

	Nome da Estação	Data da Instalação
1.	Monteiro (Pb.)	1.1.1964
2.	Triunfo (Pe.)	1.1.1964
3.	Garanhuns (Pe.)	7.7.1964
4.	Cabrobó (Pe.)	7.7.1964

3.1.4 Variação do nível d'água no açude Poço da Cruz

Existem observações diárias do nível d'água no açude Poço da Cruz, de janeiro de 1958 a dezembro de 1963. Em 1956 e 1957 foram efetuadas medições de descarga através do tunel, antes da instalação das comportas, sendo a velocidade medida com o emprêgo de boias. Os valores obtidos para os deflúvios foram, em 1956, 14 milhões e em 1957, 310 milhões de m³.

3.1.5 Localização dos dados

Os dados pluviométricos e as observações de nível d'água no açude Poço da Cruz estão sendo arquivados na **Secção de Hidrologia do DNOCS**. Os demais, podem ser encontrados arquivados na **Divisão de Hidrologia da SUDENE**.

3.2 MAPEAMENTO

3.2.1 Fotografias

A bacia está toda coberta por fotografias aéreas verticais, obtidas com câmara de distância focal igual a 6" (153mm), escala nominal 1:25.000, quadro de 23x23 cm² e data anterior a 1958.

Essas fotografias são de qualidade regular, podendo-se estimar a necessidade de revãos da ordem de 10% da área, com vistas à sua completa utilização. Em princípio, permitem levantamentos até a escala máxima de 1:5.000, equidistância mínima de 3m, nos equipamentos B-8.

Os filmes e fotoíndices, não disponíveis no DNOCS, podem ser obtidos através da **Cruzeiro do Sul** ou da **Diretoria do Serviço Geográfico do Exército**.

3.2.2 Levantamentos

No **croquis** anexo, a bacia está dividida em três áreas que, sob este aspecto, apresentam as seguintes características:

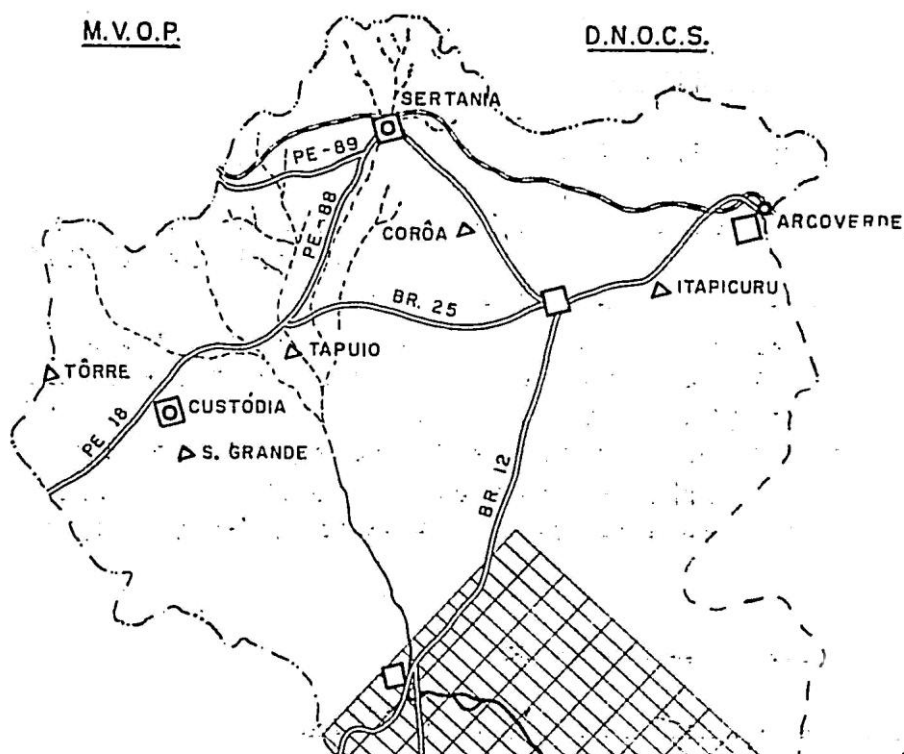
- | | |
|-------------------|---|
| área em branco | — não levantada; |
| área achureada | — coberta por um levantamento na escala de 1:25.000, equidistância de 5m, realizado pela Cruzeiro do Sul para a Comissão do Vale do São Francisco ; |
| área quadriculada | — com serviços de levantamento realizados pela Diretoria do Serviço Geográfico do Exército , em convênio com o DNOCS . Presentemente, os serviços dessa área encontram-se entre as fases de restituição e impressão. Serão publicados na escala de 1:25.000, com equidistância de 10m, recebendo o DNOCS cópias fotográficas do levantamento na escala de 1:10.000, equidistância de 5m. |

3.3 GEOLOGIA

A **bacia do Moxotó** é constituída por um pacote de rochas sedimentares que repousa em rochas do complexo cristalino pré-cambriano. A co-

M.V.O.P.

D.N.O.C.S.



SITUAÇÃO ATUAL DO MAPEAMENTO DO RIO MOXOTO

Escala = 1:1.000.000

CONVENÇÕES

CALÇO DE LEVANTAMENTO

- D.S.G - Escala 1:25.000
- D.N.O.C.S. - Escala 1:10.000
- CRUZ. do SUL - Escala 1:25.000

CALÇO DE SERVIÇO GEODÉSICO

- - Referência de nível C.N.G.
- △ - Vértice de 1ª ordem C.N.G.



..GLORIA
Rio São Francisco
TACARATU
CACH. PAULO AFONSO

luna geológica, de um modo geral, está constituída pelo embasamento cristalino pré-cambriano, encimado pelo pacote de sedimentos considerados de idade cretácea e conhecido como **Série Jatobá**.

3.3.1 Embasamento cristalino

O embasamento cristalino está representado por **gnaissês**, granitos dos mais variados aspectos, que são as rochas que predominam na área.

Os **gnaisses** se apresentam listrados e sob formas graníticas, expondo algumas vèzes diques de pegmatitos e veios de quartzo. Os xistos cristalinos, os **gnaisses** xistosos, etc., indicadores de fases metamórficas, estão presentes na região, porém em menor escala.

3.3.2 Sedimentos

Os principais sedimentos que ocorrem na área podem ser classificados como: **arenitos**, predominantemente, e **calcáreos**, **folhelhos** e **argila**, em escala secundária; Encontram-se várias serras, entre as quais podem ser mencionadas: **Chapada de São José**, **Serra do Periquito**, **Serra do Quiridalho**, etc., tôdas de constituição sedimentar e com altitudes que podem atingir até 900m. (Vide mapas n.º 5 e 9.)

Chapada de São José — com altitude média de 900m, está situada a nordeste de Buíque e é constituída de arenitos. Na base da serra, há uma faixa vermelha de arenito ferruginoso e, sôbre a mesma, um arenito branco e muito espêsso. O arenito vermelho, de cimento ferruginoso, fornece salitre. O arenito parece mergulhar um pouco para oeste.

Serra do Periquito — Na base, a rocha é um arenito tenro, porém logo no comêço da subida aparece um calcáreo. Esse calcáreo mostra-se com a espessura no entôrno de 150m. Sôbre êle, repousa um arenito vermelho, ferruginoso, de granulações médias, porém, às vèzes, conglomerático, e que forma o alto da serra. Há, também, um arenito friável, de coloração creme, com manchas amarelas de cimento argiloso. Existem duas camadas de calcáreo, sendo uma mais delgada e outra mais espessa, cuja direção é 1º NE e o mergulho 20º SE.

Serra do Quiridalho — É constituída de rochas areníticas brancas, grosseiras, apresentando superficialmente uma crosta prêta de óxido de manganês. Ocorre, também, um arenito vermelho interestratificado numa camada lenticular de arenito branco com 2m de espessura, contendo cloreto de sódio.

É comum a ocorrência de fósseis incluídos nas rochas areníticas e nos calcáreos, os quais estabelecem a idade cretácea para a bacia sedimentar.

Em alguns pontos, a *Série Jatobá*, que encerra os referidos sedimentos, apresenta facies lagunar ou de estuário, como é indicado pela presença de arenito salífero, calcáreos e troncos de madeira silicificada. Associada ao arenito, observa-se por véses a ocorrência de caolinita.

O arenito que ocorre nessa bacia apresenta-se, na maioria das véses, vermelho ferruginoso, raramente branco, tendo predominância pela granulação média e grosseira.

3.4 RECURSOS MINERAIS

Embora sejam insuficientemente conhecidos os recursos minerais encerrados na área, a literatura geológica faz referências especiais a jazimentos importantes que ocorrem na mesma, como é o caso do **petróleo** e de um **mineral de urânio**, ambos em fase de prospecção, respectivamente, pela **Petrobrás** e pelo **Conselho Nacional de Pesquisas**.

Outros minerais que têm ocorrência, mas que se situam em condições secundárias, são, segundo a ordem de importância: **amianto**, **calcáreo**, **mármore**, **água mineral** e **salitre**.

Tôdas essas ocorrências não foram ainda objeto de estudos.

Minérios Uraníferos — A maior incidência desse mineral, possivelmente **gumita** ou **carnotita**, foi constatada no município de Buíque. Trata-se de um mineral radioativo que encerra em sua constituição química um teor apreciável de **urânio** e **tório** e que tem seu emprêgo principal na obtenção de **energia nuclear**. Os estudos preliminares para delimitação da área de ocorrência, estão sendo intensificados pelo **CNPq**, não havendo dados sobre suas reservas.

Petróleo — Trata-se de outra ocorrência mineral de grande importância constatada, sendo os municípios de Ibimirim e Inajá os mais promissores. A **Petrobrás** realiza pesquisas na área, já tendo efetuado perfurações.

Água mineral — As fontes estão localizadas no distrito de Sabá, município de Custódia, e se encontram em fase de exploração. Trata-se de água mineral magnesianas, bicarbonatada e gasosa, de efeitos terapêuticos.

Cloreto de sódio — No lugar denominado Gangorra, na margem esquerda do rio Catimbau, há uma pequena ocorrência de cloreto de sódio, interestratificado no arenito. Esse sal é extraído e usado por habitantes locais e não constitui jazimento que mereça destaque.

Calcáreo — Tem ocorrência na Serra do Periquito, sob forma de grandes pedreiras, com espessura da ordem de 160m. Trata-se de um calcáreo sedimentar que poderia ter condições de exploração, desde que se conhecessem suas reservas, impurezas, etc.

O calcáreo tem inúmeras aplicações na indústria, principalmente de cimento, cerâmica, fertilizantes, curtume, construção.

Amianto — Esse importante mineral foi explorado muitos anos em Xilili, município de Arcoverde. Trata-se de um silicato magnesiano, de inúmeras aplicações, dependendo da variedade, com perspectivas favoráveis para exploração.

É matéria-prima nas indústrias de artefatos de cimento-amianto, de papelão, tintas, etc., sendo muito empregado como material para isolamento térmico de tubulações e caldeiras.

4 — OBRAS DO DNOCS NA BACIA

4.1. AÇUDAGEM

Existem atualmente 7 açudes construídos e 2 em construção na bacia do Moxotó. Duas dessas obras, o Barra e o Custódia, se destinam ao abastecimento d'água das sedes dos municípios onde estão localizados. Quatro barragens, Tamboril, Riacho Sêco, Conceição III e Riacho Nôvo, têm como finalidade principal acumular água para o gado. O açude Cachoeira tem aplicação para fins de agricultura irrigada, como apóio da estação experimental do Estado de Pernambuco, localizada em Sertânia.

Quanto ao açude Gravatá, o seu projeto contempla como finalidade principal a irrigação.

O Poço da Cruz, concluído em 1957, não teve os trabalhos de aproveitamento prosseguidos. Sendo a obra hidráulica mais importante da região, sua situação atual será analisada em capítulo à parte.

Abaixo estão relacionados os açudes do vale do Moxotó, construídos pelo DNOCS:

Açude	Município	Capacidade-m ³
Poço da Cruz	Ibimirim (Inajá)	504.000.000
Cachoeira	Sertânia	5.950.000
Barra	Sertânia	2.140.000
Riacho Sêco	Sertânia	1.000.000
Tamboril	Arcoverde	100.000
Riacho Nôvo	Custódia	900.000
Conceição III	Custódia	1.900.000
Custódia (em construção)	Custódia	22.000.000
Gravatá (em construção)	Mata Grande	8.400.000

4.2 AÇUDE POÇO DA CRUZ

4.2.1 Sumário

Fica situado no município de Ibimirim, antigo distrito de Inajá, tendo sido concluído em 1957.

Foi construído visando ao aproveitamento de sua água para fins múltiplos na irrigação, produção de energia elétrica, agricultura de vazante e piscicultura. O reservatório formado serve também para controlar cheias.

Atualmente, a água do açude permite a existência de cultura de vazante e uma produção abundante de peixe. Após a erradicação da piranha na bacia e a introdução de novas espécies, o açude, e partir de 1961, apresentou bom índice de pescado.

No que diz respeito à irrigação, existe, a cerca de 20 km à jusante da barragem, uma área com boas possibilidades para o estabelecimento da agricultura irrigada.

Quanto à produção de energia elétrica, foi adquirida uma turbina, que não foi ainda instalada.

4.2.2 Aspectos econômicos

A. Produção agrícola atual

A.1 Vazante : grosso modo, observa-se na bacia hidráulica a seguinte atividade agrícola :

PRODUÇÃO POR QUADRO (12 100 m²)

Cultura	Produção em kg	Preço na área por kg Setembro 1964
Milho	500 a 1.200	Cr\$ 8
Feijão de corda	600 a 800	Cr\$ 70
Feijão mulatinho	300 a 500	Cr\$ 180
Algodão	450 a 600	Cr\$ 233
Batata-doce	20.000	Cr\$ 20
Arroz	800 a 1.000	Cr\$ 200
Tomate	7.800	Cr\$ 40
Jerimum	5.000	Cr\$ 10
Cebôla	5.000	Cr\$ 200
Alho	10.000 (cabeças)	Cr\$ 20 (cabeça)

A.2 Bacia de irrigação: não está sendo feito um aproveitamento racional das suas terras. Utilizadas mais para a criação do gado bovino e caprino, na época das chuvas surgem as plantações de feijão e milho, que desaparecem totalmente após as colheitas. Os restolhos vegetais, que aí ficam servem de alimento ao gado. Observa-se, ainda, o aproveitamento do pasto, quando existe, encontrando-se também pequenas plantações de algodão e de mandioca.

Não existem elementos que permitam determinar o custo da produção agrícola na bacia de irrigação, bem como na bacia hidráulica. Apenas pode ser dito que, em face do baixo índice técnico utilizado para obtenção da mesma (ausência completa no uso de fertilizantes e máquinas), a totalidade desses custos recai, certamente, em gasto com mão-de-obra.

B. Fatores que podem concorrer para o aumento da produção

B.1 Vazante

As áreas utilizadas na agricultura de vazante, estimadas a partir da variação do volume d'água acumulado no açude, foram as seguintes, nos últimos quatro anos :

Ano	Volume máximo (milhões de m ³)	Volume mínimo (milhões de m ³)	Área cultivada estimada (em ha)
1960	373	317	120
1961	322	270	120
1962	270	214	220
1963	214	168	180

Observe-se que durante todo esse período as comportas permaneceram fechadas, sendo a diminuição de volume devida unicamente a perdas por evaporação e infiltração.

A operação racional das comportas, dentro de padrões hidrológicos de segurança, poderá aumentar a área de vazante, tornando-se um fator importante para o incremento da produção agrícola.

Existem, devidamente cadastrados, setenta e seis lotes na bacia hidráulica do açude, desapropriados pelo Dec. 45.371, de 2 de fevereiro de 1959. Dêstes, 59 já foram devidamente indenizados, restando apenas 17, cujos processos estão em preparo no D.N.O.C.S.

B.2 Bacia de Irrigação

O principal fator limitante da produção agrícola na área da bacia de irrigação é, evidentemente, a água.

Quanto à divisão da terra, sistema de posse e exploração, pode-se informar, a título precário, que mais de cinquenta propriedades se localizam nas margens do rio Moxotó, no percurso compreendido entre o açude Poço da Cruz e a Várzea de Formosa, inclusive. Ditas propriedades, não são divididas nem demarcadas judicialmente, prevalecendo, portanto, um regime de condomínio. Foram adquiridas por compra ou herança e, na sua maioria, se estendem a ambas as margens do rio, enquanto outras, em menor número, se localizam de um só lado das margens. Estreitas, nas margens do Moxotó, são mais largas no lado oposto e têm razoável comprimento, sendo difícil estabelecer, de pronto, o tamanho dos lotes, face à inexistência de limites definidos.

No que diz respeito ao homem que vive na região, sente-se que prefere a desapropriação e indenização pura e simples. Essa preferência é determinada pela descrença que tem nas realizações do Poder Público e pelo desejo de se afastar da região para outro local que lhe ofereça melhores condições de vida.

C. Mercados para Culturas Adicionais

Embora não tenham sido realizados ainda estudos de mercados referentes à localização e dimensão dos centros consumidores, bem como os preços obteníveis nos mesmos, parece lícito afirmar que não haverá dificuldade na venda dos produtos da irrigação do açude. Essa afirmativa se justifica pela crescente carência de produtos agrícolas na região, decorrente não só do crescimento populacional, como também do aumento do poder de compra em face da elevação de sua renda *per capita*. Observe-se que poucas têm sido as áreas significativas incorporadas à produção agrícola no Nordeste nos últimos anos.

4.2.3 Engenharia do Projeto

A. Topografia

A topografia da área da bacia de irrigação é bastante alterada. Apresenta terrenos planos e outros bastante acidentados, com desníveis que poderão dificultar a irrigação por gravidade.

As informações sôbre a situação atual do mapeamento da bacia (vide item 3.2) permitem programar os trabalhos indispensáveis a uma definição mais precisa da topografia da área do projeto.

Os dados disponíveis sôbre climatologia e geologia da área do projeto são os constantes dos itens 3.1 e 3.3.

B. Solos

O antigo Serviço Agroindustrial do DNOCS fêz um reconhecimento agrológico da bacia de irrigação do açude Poço da Cruz, em junho de 1948. Esse reconhecimento estendeu-se até a localidade de Formosa, 24 km a jusante da barragem. A largura do vale, na área reconhecida, entre Ibimirim e Formosa, varia de 2 a 3 km.

Os tipos de solo mais representativos são : **aluvião fluvial, várzea, aluvião salgado e massapê salgado.**

Foram feitas sondagens e coleta de amostras nos diversos tipos de solo representativos dessa área. Durante êsse reconhecimento foi, também, colhida água do rio Moxotó no local do estudo da barragem, em pequena correnteza, a fim de ser feita a análise do resíduo mineral.

Transcreve-se a seguir a conclusão do relatório do SAI :

“Pelo estudo das sondagens e observações de campo, 2 tipos de solo poderiam ser aproveitados na lavoura irrigada : aluvião fluvial e várzea, êste com alguns trabalhos de correção e conservação.

Não podemos precisar que área reúne êstes 2 tipos de solo, pois, como já dissemos, não foi feito levantamento. Acreditamos, entretanto, que compreenda mais de 50% da área total reconhecida.

Os outros 2 tipos de solo, aluvião salgado e massapê salgado, são solos muito inferiores pela sua alta salinidade e alcalinidade, más propriedades físicas, etc. Não devemos pensar no seu aproveitamento para irrigação.

Do exposto, aconselharíamos a irrigação do vale do Moxotó para o aproveitamento do aluvião fluvial e da várzea, não fôsem as más condições de salinidade que, acreditamos ficará a água do rio Moxotó, depois de represada.

Apesar de Scott's fazer restrições ao uso da água colhida na correnteza do rio Moxotó, para fins de irrigação, se esta se conservasse, depois de represada com a mesma concentração de cloretos encontrada na amostra analisada, coisa que julgamos não acontecerá, poderíamos ainda pensar no aproveitamento desta água na irrigação daqueles tipos de solo — aluvião fluvial e várzea.”

C. Hidrologia

Dados relacionados em 3.1.

D. Utilização da água

No atual estágio dos estudos, não existem informações sobre o consumo de água para qualquer tipo de cultura.

Inexistente, também, qualquer lei que regule o seu uso, uma vez que o Código de Água em vigor não se aplica aos rios intermitentes.

A qualidade da água para irrigação já foi objeto de análise, tendo sido colhidas amostras em 3 épocas diferentes. A primeira, como se pode verificar no item anterior, foi coletada por ocasião do reconhecimento agrológico, em 1948. Após a conclusão da barragem, foram colhidas amostras em agosto de 1961 e em novembro de 1962. Essas últimas coletas foram efetuadas a 25 m da barragem e em várias profundidades: na superfície da água, a 5, 10, 15 e 30 m.

Os resultados dessas análises químicas permitem afirmar que a água represada no Poço da Cruz pode ser utilizada na irrigação. Vale observar que, depois da construção da barragem, a água apresenta condições melhores que a analisada por ocasião do reconhecimento agrológico. Observa-se ainda que a concentração de cloretos aumenta com a profundidade.

E. Barragem

A fim de permitir o represamento do rio e a conseqüente utilização da água armazenada na irrigação, produção de energia, cultura de vazante e piscicultura, foi construído próximo de Ibimirim o açude público Poço da Cruz, constante de uma barragem principal e duas auxiliares.

A barragem principal se constitui de um maciço em *rock fill*, contendo uma seção impermeabilizadora a montante do material sílico-argiloso compactado. A montante e a jusante dessa seção, foram construídos filtros, utilizando-se, para este fim, material de granulometria variada.

As duas barragens auxiliares são de terra compactada.

A tomada d'água é constituída por um túnel, revestido em concreto armado, uma torre de manobra e duas comportas.

O sangradouro fica situado na ombreira direita.

Outros elementos relativos à barragem :

Volume acumulável na repêsa :	504 milhões de m ³
Cota do coroamento :	437.50
Cota do sangradouro :	435.00
Area inundável :	56 km ²

Para elaboração do projeto da barragem, foram executados o levantamento topográfico do boqueirão e o da bacia hidráulica e traçado o diagrama de áreas e volumes.

F. Canais

Foi iniciada e, posteriormente, suspensa a construção do canal principal.

4.2.4 Piscicultura

Em 1956, foi planejada e levada a efeito a erradicação de piranhas no vale, do boqueirão do Poço da Cruz para montante, pelo Serviço de Piscicultura do DNOCS, em cooperação com o 3.º Distrito. A jusante do sangradouro, foi construído um **escama peixe**, cuja finalidade é proteger o reservatório contra a subida de piranhas nas eventuais sangrias.

Ao mesmo tempo, foram feitos estudos para a introdução de novas espécies de alevinos, o que foi realizado após o fechamento do boqueirão. As espécies introduzidas foram: **curimatã-pacu, curimatã-comum, pescada do Piauí, piaú-comum, traíra, cangati, apaiari, cará-zebu, branquinha**. Todas essas espécies se desenvolveram satisfatoriamente no reservatório, apresentando um novo fator de alimentos protéicos na região, chegando a ser vendidas em centros de consumo que distam cerca de 400 km da obra, como sejam Recife e Macció.

A análise dos quadros-resumo mensais de produção de peixe evidencia dois aspectos que merecem um estudo de maior profundidade: a comercialização do pescado e a grande variação da produção. Assim, observa-se que o produto era cotado na região (agosto de 1963) entre 40 e 70 cruzeiros o quilo, sendo que o preço de venda atingia 400 cruzeiros na mesma época, nos grandes centros de consumo.

Quanto à produção, alcançou em agosto de 1962 um total de 111.031 quilos, caindo no mesmo mês do ano seguinte para 22.803 quilos.

As estatísticas assinalam, ainda, que os aparelhos de pesca utilizados nos dois meses referidos, foram :

Aparelhos de Pesca	Agosto 1962	Agosto 1963
Boia ou polta	6.658	3.515
Canço de barco	9	13
Canço de margem	10	—
Côvo	109	13
Linha solta	175	125
Galão de nylon	372	156
Grozeira ou espinhel	14	—
Sardinheira	92	66
Barcos	5	3

4.3 POÇOS PERFURADOS

O DNOCS perfurou até 1962 cerca de 133 poços na área, tendo alcançado em alguns municípios uma profundidade média de 100 m e vazão de 500 l/h. Observe-se que o DNOCS tem operando no Estado de Pernambuco apenas 7 perfuratrizes, em precário estado de funcionamento.

5 — RECOMENDAÇÕES

5.1 SUMÁRIO

Uma análise sumária das informações disponíveis sobre a bacia do Moxotó, encarada do ponto de vista da atuação do DNOCS, revela que :

- a. Assumem prioridade indiscutível os estudos relativos ao aproveitamento integral da água armazenada no açude Poço da Cruz.
- b. Até que isso seja possível, deve-se, em caráter de urgência, tomar providências relacionadas com o uso atual da água, capazes de aumentar o produto derivado deste uso.
- c. Sem prejuízo do atual ritmo de trabalho de construção do açude Custódia, devem ser feitos estudos para melhor definir suas finalidades.
- d. Não foi dada a devida ênfase ao programa extensivo de obras hidráulicas.
- e. Deve o DNOCS influir para que sejam promovidos pelos órgãos competentes os estudos ligados ao aproveitamento integral da bacia.

Em função desta análise, seguem-se as recomendações constantes dos itens seguintes:

5.2 AÇUDE POÇO DA CRUZ

5.2.1 Uso atual da água

A. Vazante

Como pode ser visto no quadro inserido neste relatório (pg. 148) são utilizados atualmente cêrca de 120 ha em culturas de vazante. Essa área pode vir a ser aumentada através da operação conveniente das comportas, o que se recomenda, por outro lado, para evitar a deterioração do material de manobra e, através da descarga de parte da água armazenada, reduzir o seu teor de salinidade.

Paralelamente ao aumento da área cultivada, decorrente da operação das comportas, deve ser levado a efeito um programa de aumento da produtividade agrícola, que se traduza na prestação de assistência técnica e financeira aos agricultores estabelecidos na área de vazante. Deve o mesmo ter caráter de prioridade nos trabalhos do futuro 3.º Distrito de Fomento e Produção.

B. Piscicultura

Apresentam-se dois problemas que devem merecer uma atenção especial da Diretoria de Fomento e Produção do DNOCS: a comercialização do produto e a grande oscilação da quantidade pescada nos últimos 3 anos.

5.2.2 Uso futuro da água

A. Irrigação

A fim de definir a sua viabilidade devem ser executados ou complementados, de forma coordenada, diversos estudos que apresentam prioridade sobre qualquer outro programa do DNOCS na bacia e que são especificados a seguir:

- a. **Agrológico**: deve ser procedido o levantamento da bacia de irrigação, tendo em vista que o reconhecimento levado a efeito pelo SAI revelou a existência de solos irrigáveis a jusante da barragem.

b. **Hidrológicos** : deve ser feita em primeiro lugar uma estimativa da água disponível para irrigação com base nos dados existentes. Em seguida, devem ser intensificados os estudos de forma que até o possível início da irrigação existam elementos precisos sobre a forma de operação do açude.

c. **Análise físico-química da água armazenada**, recomendando-se sejam efetuadas análises periódicas, com amostras colhidas em diferentes profundidades.

d. **Topográficos** : deve ser executado o levantamento topográfico da bacia de irrigação, incluindo cadastro. As curvas de nível devem apresentar equidistância de 0,50m.

e. **Hidrogeológicos** : devem fornecer subsídios para o projeto da rede de drenagem e sobre a possibilidade de complementar a irrigação com água subterrânea.

f. **Sócio-econômico** : que defina a viabilidade econômica da irrigação e seu valor social. Especial ênfase deve ser dada à pesquisa de um sistema eficiente de administração e exploração da irrigação, que elimine qualquer aspecto paternalista.

g. **Ante-projeto** : numa certa fase da execução desses estudos, será possível a elaboração de um ante-projeto de Engenharia. Especial atenção deverá ser dada à escolha da forma de adução da água até o local da irrigação.

h. **Estação piloto de irrigação** : deverá ser instalada, em local representativo da área a ser irrigada, uma estação piloto com a finalidade de :

1. determinar rendimentos agrícolas para diversos tipos de cultura, fornecendo subsídios para os estudos econômicos;
2. demonstrar a prática da agricultura irrigada, treinando pessoal em todos os níveis.

B. Energia Elétrica

Recomenda-se que a instalação de turbinas seja condicionada às necessidades de água para irrigação, que se coloca como aproveitamento prioritário da água armazenada no açude.

5.3 AÇUDE CUSTÓDIA

O açude foi projetado com a finalidade precípua de atender ao abastecimento d'água da cidade de Custódia. Outros usos da água a ser armazenada, tais como, produção de peixes, culturas de vazante, devem ter sido assumidos de forma implícita, dado que não foram objeto de considerações no projeto da obra. Por outro lado, tendo em vista não ter sido feito sequer um reconhecimento agrológico da área a jusante da futura repêsa, nada pode ser afirmado quanto à possibilidade da agricultura irrigada na região.

Na medida em que a capacidade (topográfica) do açude, calculada em 22.000.000 m³ é compatível com o comportamento hidrológico do curso d'água a ser barrado, que não foi objeto de estudos mais acurados, pode-se afirmar que tal acumulação é excessiva para o fim previsto, considerando-se o fato de que a cidade a ser servida tem uma população de 4.000 habitantes. Recomenda-se, portanto :

- a. que seja procedida uma verificação das possibilidades hídricas da bacia hidrográfica do açude;
- b. que seja reconhecida agrológicamente a área a jusante.

Ainda que o potencial hídrico da bacia comporte um reservatório daquela dimensão, o projeto deverá ser reexaminado na hipótese de não serem encontrados solos que se prestem para a irrigação.

Esses estudos devem ser realizados sem prejuízo do programa normal de construção da obra.

5.4 AÇUDE GRAVATA

São válidas para este açude as recomendações constantes do item 5.2.2.A sôbre a importância da agricultura irrigada no Poço da Cruz. Tendo em vista, entretanto, a pequena capacidade do reservatório, especial ênfase deverá ser dada à execução dos estudos constantes das letras a,b, c,d,e,g daquele item.

5.5 ENGENHARIA RURAL

Recomenda-se a execução de um programa de Engenharia Rural na bacia, tendo em vista:

1. o pequeno número de açudes e poços existentes;
2. o grande significado econômico que terá tal programa em face do rebanho assinalado. O programa deverá contemplar de preferência a construção de açudes na região cristalina e perfuração de poços na zona sedimentar.

5.6 ESTUDO INTEGRADO

Da documentação colhida sobre o vale, conclui-se a insuficiência de dados básicos disponíveis. É baixa a densidade da rede pluviométrica com período de observação significativo. Inexistem praticamente medições de descargas do rio. Não se dispõe da classificação dos grandes grupos de solos da região. Não foi efetuado ainda o mapeamento geológico. Os dados relativos à economia da área são, quando não escassos, de baixa adequabilidade ao planejamento.

Para que as decisões tomadas em relação ao uso dos recursos do vale possam ser crescentemente eficientes, é indispensável realizar de forma sistemática um estudo integrado.

Embora parte desse estudo se afaste do âmbito da competência do DNOCS, deve o mesmo, como principal órgão atuante na região, influir para que seja realizado.

QUADROS

- n.º 01. Estimativa da População
- n.º 02. População Urbana e Rural
- n.º 03. Produção Agrícola
- n.º 04. Atividade Agrícola
- n.º 05. Pecuária
- n.º 06. Estabelecimentos Industriais
- n.º 07. Poços Perfurados.

M A P A S

- n.º 01. Localização da Bacia do Moxotó (Pernambuco e Alagoas)
- n.º 02. Densidade Demográfica da Bacia do Moxotó
- n.º 03. Divisão Administrativa da Bacia do Moxotó
- n.º 04. Infra-estrutura da Bacia do Moxotó
- n.º 05. Orografia da Bacia do Moxotó
- n.º 06. Bacia Hidrográfica
- n.º 07. Poços Perfurados e Açudes Públicos construídos pelo D.N.O.C.S. na Bacia do Moxotó.
- n.º 08. População Pecuária na Bacia do Moxotó
- n.º 09. Esboço Geológico do Vale do Moxotó
- n.º 10. Localização dos Postos Pluviométricos e Fluviométricos na Região da Bacia do Moxotó
- n.º 11. Quadro indicativo dos dados pluviométricos.

QUADRO N.º 1

ESTIMATIVA DA POPULAÇÃO DA BACIA DO MOXOTÓ
PARA 1964 (1)

Municípios	População (hab)
ARCOVERDE (Pe.)	25.400
BUIQUE (2) (Pe.)	20.508
CUSTÓDIA (Pe.)	19.356
INAJÁ (Pe.)	22.979
PETROLÂNDIA (2) (Pe.) (Distrito de Volta)	6.228
SERTANIA (Pe.)	28.726
TACARATU (Pe.)	12.378
ÁGUA BRANCA (2) (Al.)	18.799
DELMIRO GOUVEIA (2) (Al.)	2.350
MATA GRANDE (2) (Al.)	21.611
T O T A L	181.365

Fontes: Departamento Estadual de Estatística de Pernambuco
SEE/DNOCS.

(1) Os dados da presente tabela foram estimados pela Assessoria Técnica do DEE/Pe. com base no CENSO de 1960 e nas taxas de crescimento populacional dos Municípios considerados, em Pernambuco.

(2) População estimada da área dos Municípios compreendida na Bacia do Moxotó, de acordo com limites cartográficos estabelecidos pela DPEP/DNOCS.

QUADRO N.º 2

POPULAÇÃO URBANA E RURAL DOS MUNICÍPIOS DA BACIA DO MOXOTÓ

Municípios	População urbana	População rural	Total
ARCOVERDE (Pe.)	18.989	6.411	25.400
CUSTÓDIA (Pe.)	3.917	15.439	19.356
SERTANIA (Pe.)	10.862	17.864	28.726
INAJÁ (Pe.)	3.077	19.902	22.979
BUIQUE (Pe.)	5.004	28.508	33.512
TACARATU (Pe.)	4.148	8.230	12.378
PETROLÂNDIA (Pe.)	3.262	7.228	10.490
ÁGUA BRANCA (Al.)	1.485	19.799	21.284
DELMIRO GOUVEIA (Al.)	6.476	5.350	11.826
MATA GRANDE (Al.)	2.678	34.641	37.319
T O T A L	59.898	163.372	223.270

Fontes: DEE/Pe. e DEE/Al.

Ano : 1964.

QUADRO N.º 3

PRODUÇÃO AGRÍCOLA DA BACIA DO MOXOTO

Produtos	Arco-verde	Buique	Custo-dia	Inajá	Petro-lândia	Sertânia	Tacaratu	Água Branca	Delmiro Gouveia	Mata Grande	Total da Área	Total da Quantidade	Total do Valor	
ALGODÃO	Area (ha) 135 Quant. (g/15kg) 1.490 Valor (1.000,00) 2.027	1.482 32.850 34.530	7.600 72.000 48.600	300 3.500 13.675	183 9.000 11.550	41.000 640.000 448.000	99 1.460 2.190	603 15.500 7.750	580 9.100 4.550	1.400 28.000 14.700	53.379	812.900	577.572	
MAMONA	Area (ha) 182 Quant. (kg) 45.000 Valor (1.000,00) 1.915	11.918 4.432.000 177.280	140 80.200 1.764	350 137.500 4.813	24 21.000 735	420 130.000 2.600	45 24.000 960	120 36.000 540	60 60.000 600		13.259	4.965.700	191.207	
FELIÃO	Area (ha) 242 Quant. (s/60kg) 1.800 Valor (1.000,00) 7.200	2.872 32.600 163.000	30 180 324	370 2.450 8.820	700 6.000 31.200	120 1.620 5.832	212 3.800 15.200	1.050 12.000 18.000	1.550 15.600 23.400	8.000 85.000 119.000	15.146	161.050	391.976	
MANDIOCA	Area (ha) 145 Quant. (ton) 600 Valor (1.000,00) 1.320	1.113 5.920 7.696	115 1.150 5.400	200 2.800 4.620	87 994 4.592		106 1.030 1.720	2.100 25.200 3.600	165 1.980 9.060	1.190 14.640 59.760	5.221	54.314	97.768	
MILHO	Area (ha) 726 Quant. (p/60kg) 7.200 Valor (1.000,00) 12.240	1.452 24.000 38.400	3.000 17.000 17.000	600 4.700 8.225	45 400 520	940 23.000 23.000	363 7.100 11.200	2.800 29.600 10.656	1.290 15.480 6.501	8.500 133.000 59.850	19.716	261.380	187.592	
T O T A I S												106.721	—	1.446.115

Fonte : DEE-Pe. — 1962.

QUADRO N.º 4
 ATIVIDADE AGRÍCOLA NA BACIA DO MOXOTÓ — 1960

Municípios	Propriedades agrícolas	Área (ha)		Pessoal ocupado	Tratores	Arados
		Total	Lavoura			
ARCOVERDE	262	35.024	6.444	1.413	3	51
BUIQUE	3.667 (1)	94.464	20.505	13.579	7	35
CUSTODIA	1.979	167.682	18.409	11.871	1	7
INAJÁ	5.603	52.458	14.163	14.028	—	24
PETROLÂNDIA	858 (1)	50.686	1.513	3.750	12	4
SERTANIA	1.438	120.700	7.329	5.538	—	—
TACARATU	1.098	17.291	4.036	7.340	—	—
ÁGUA BRANCA	3.289 (1)	29.934	13.217	5.207	—	150
DELMIRO GOUVEIA	154 (1)	34.457	1.936	586	—	2
MATA GRANDE	3.998 (1)	87.785	17.681	22.652	1	754
T O T A I S	22.346	690.499	205.251	85.964	24	1.027

Fontes : DEE/Pe. e DEE/Al.

Nota 1. Abrange toda a área do Município.

QUADRO N.º 5
 POPULAÇÃO PECUÁRIA DA BACIA DO MOXOTÓ — 1960

Municípios	Bovinos	Suínos	Ovinos	Caprinos	Equinos	Muare	Asínos
ARCOVERDE	7.200	3.000	6.200	9.700	650	180	280
BUIQUE	5.204	18.650	15.980	10.300	4.301	3.300	3.700
CUSTODIA	25.000	21.000	32.000	95.000	3.000	1.200	5.800
INAJÁ	60.300	9.820	34.600	57.200	9.200	8.710	11.000
PETROLÂNDIA	1.000	400	1.600	1.800	40	25	160
SERTANIA	21.000	9.000	50.000	65.000	2.400	1.500	3.000
TACARATU	3.800	2.400	3.700	6.000	240	120	780
ÁGUA BRANCA	9.000	19.000	15.000	18.000	4.000	5.000	2.500
DELMIRO GOUVEIA	4.500	4.500	5.000	6.000	1.400	1.700	1.600
MATA GRANDE	15.000	10.000	17.000	15.000	4.500	2.500	3.500
T O T A I S	152.004	97.770	181.080	284.000	29.731	24.235	32.320

Fonte : DCE/SUDENE.

QUADRO N.º 6
ESTABELECIMENTOS INDUSTRIAIS NA BACIA DO MOXOTÓ
1962

Municípios	Estabelecimentos industriais	
	Quantidade	Pessoal ocupado
ARCOVERDE	39	422
BUIQUE	2	12
CUSTODIA	15	258
INAJÁ	5	23
PETROLANDIA	6	51
SERTANIA	26	223
TACARATU	3	12
ÁGUA BRANCA	58	116
DELMIRO GOUVEIA	256	1.339
MATA GRANDE	40	110
T O T A I S	450	2.566

Fontes : DEE/Pe. e DEE/Al. SEE/DNOCS.

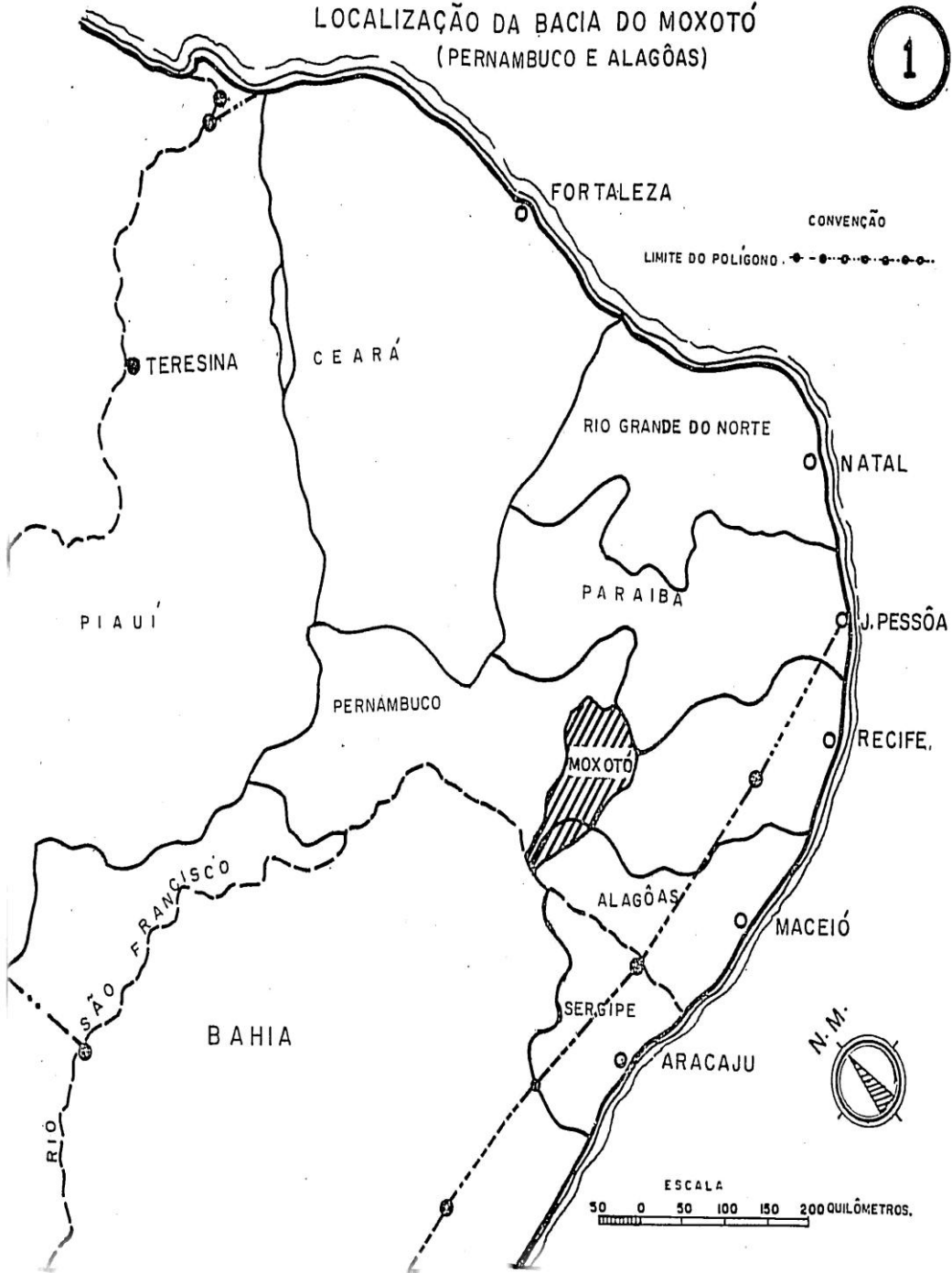
QUADRO N.º 7
POÇOS PERFURADOS NA BACIA DO MOXOTÓ

Municípios	Poços perfurados	Profundidade média (m)	Vazão média-l/h
ARCOVERDE	11	32,51	972
BUIQUE	45	52,00	5.202
CUSTODIA	13	91,09	1.333
INAJÁ	22	97,57	4.765
PETROLANDIA	18	48,44	1.822
SERTANIA	17	45,25	3.322
TACARATU	—	—	—
ÁGUA BRANCA	2	—	—
DELMIRO GOUVEIA	1	—	—
MATA GRANDE	4	—	—
T O T A L	133	—	—

Fonte : S. Hidrologia — SUDENE.

LOCALIZAÇÃO DA BACIA DO MOXOTÓ
(PERNAMBUCO E ALAGÔAS)

1



M.V.O.P.






D.N.O.C.S.

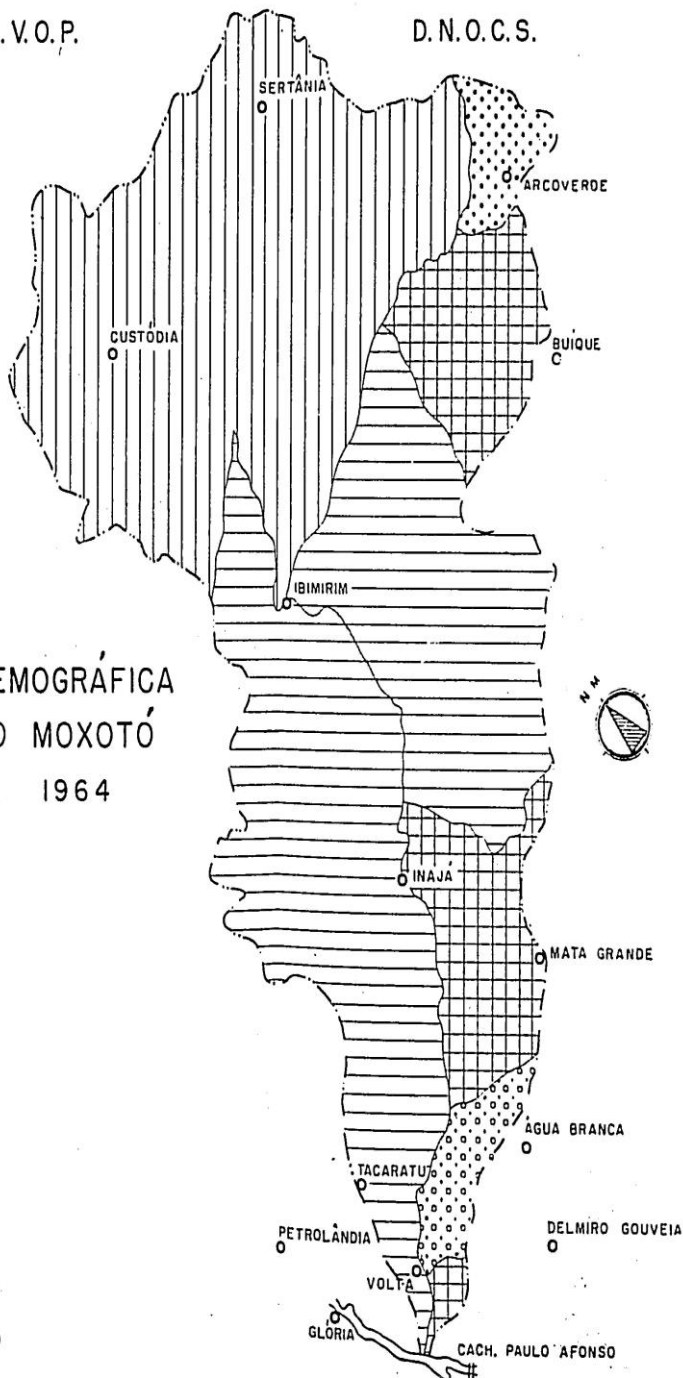
2

DENSIDADE DEMOGRÁFICA
DA BACIA DO MOXOTÓ
ESTIMATIVA 1964

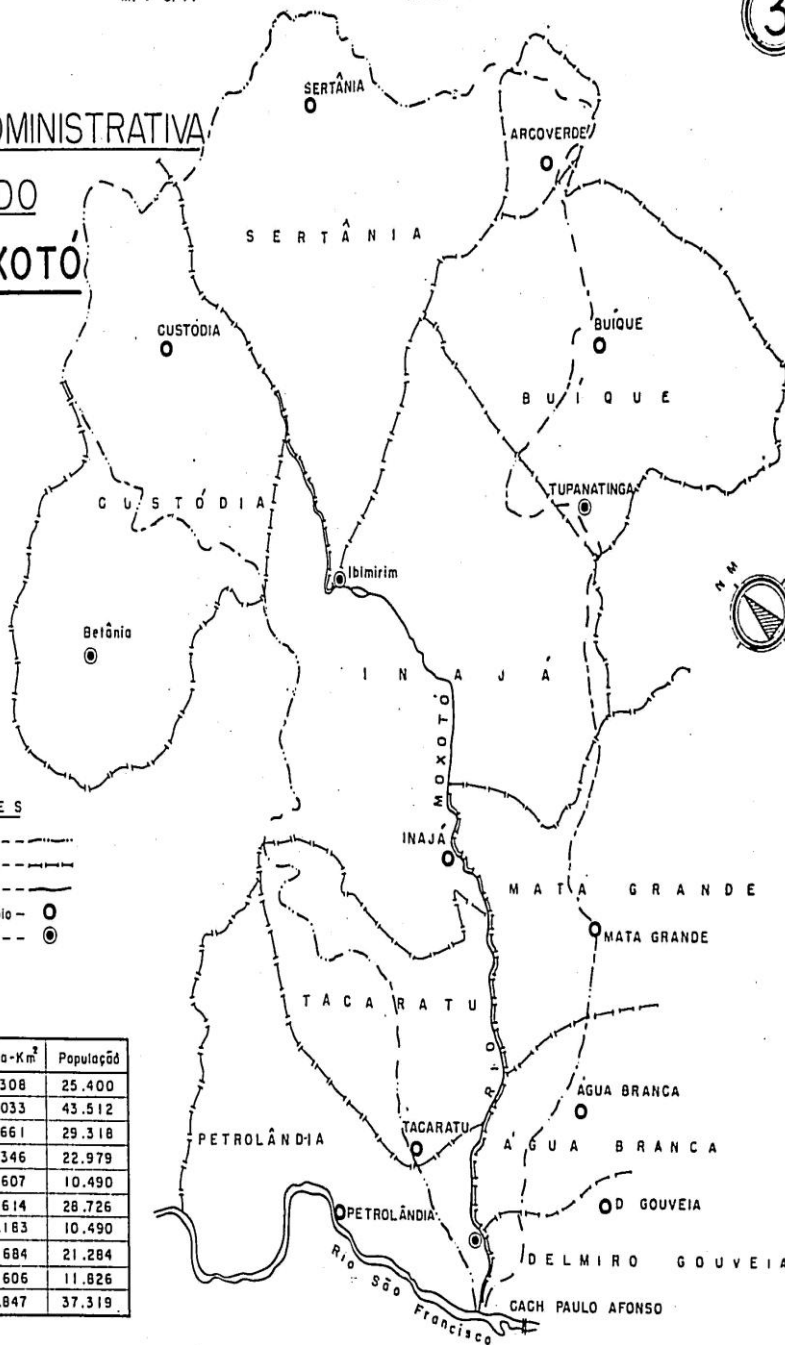
CONVENÇÕES

Hab. / km²

	1 a 9
	10 a 18
	19 a 27
	28 a 36
	82 a 90



DIVISÃO ADMINISTRATIVA
BACIA DO
RIO MOXOTÓ



CONVENÇÕES

- Limites da Bacia - - - - -
- Limites Intermunicipais - - - - -
- Rio Moxotó - - - - -
- Cidade Sede do Município - ○
- Cidade - ○

Município	Estado	Área-Km ²	População
Arcoverde	Pe	308	25.400
Buique	Pe	2.033	43.512
Custódia	Pe	2.661	29.318
Inajá	Pe	3.346	22.979
Petrolândia	Pe	1.607	10.490
Sertânia	Pe	2.614	28.726
Tacaratu	Pe	1.183	10.490
Água Branca	Al	684	21.284
D. Gouveia	Al	606	11.826
M. Grande	Al	1.847	37.319

M. V. O. P.

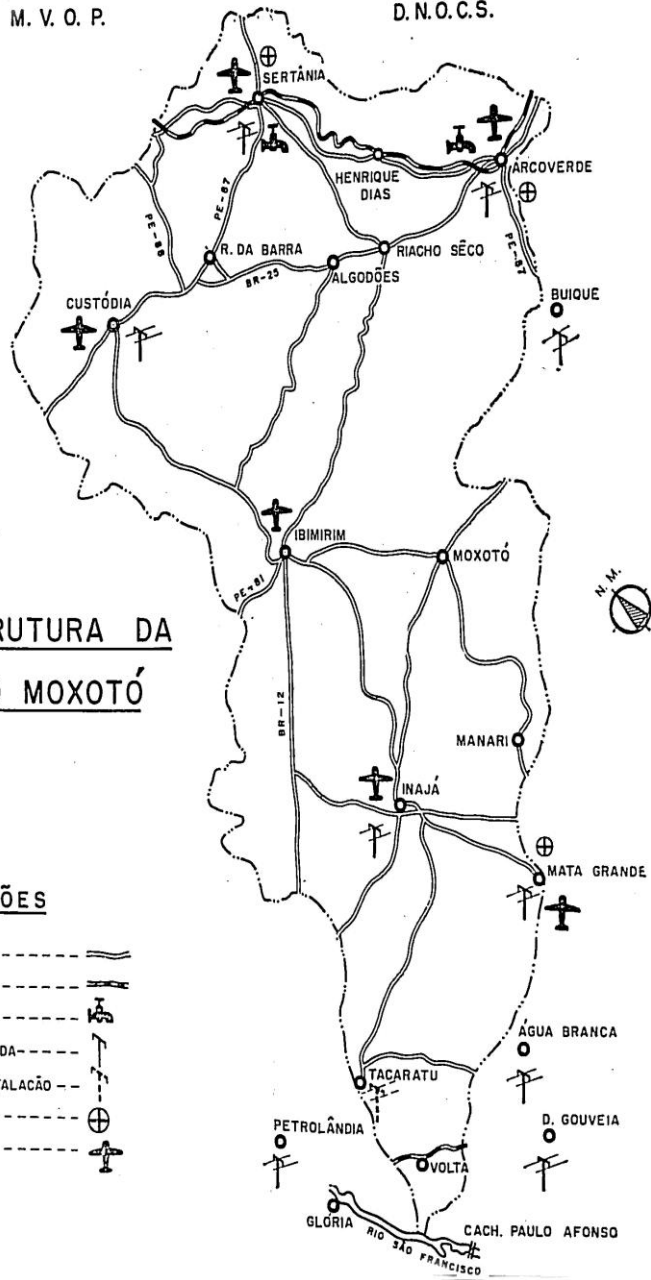
D. N. O. C. S.

4

INFRA-ESTRUTURA DA BACIA DO MOXOTÓ

CONVENÇÕES

ESTRADA DE RODAGEM	---	---
ESTRADA DE FERRO	---	---
ABASTECIMENTO D'ÁGUA	---	---
REDE ELÉTRICA INSTALADA	---	---
REDE ELÉTRICA EM INSTALAÇÃO	---	---
HOSPITAL	---	---
CAMPO DE PÓUSO	---	---









M. V. O. P.

D. N. O. C. S.

5


OROGRAFIA DA BACIA DO MOXOTÓ

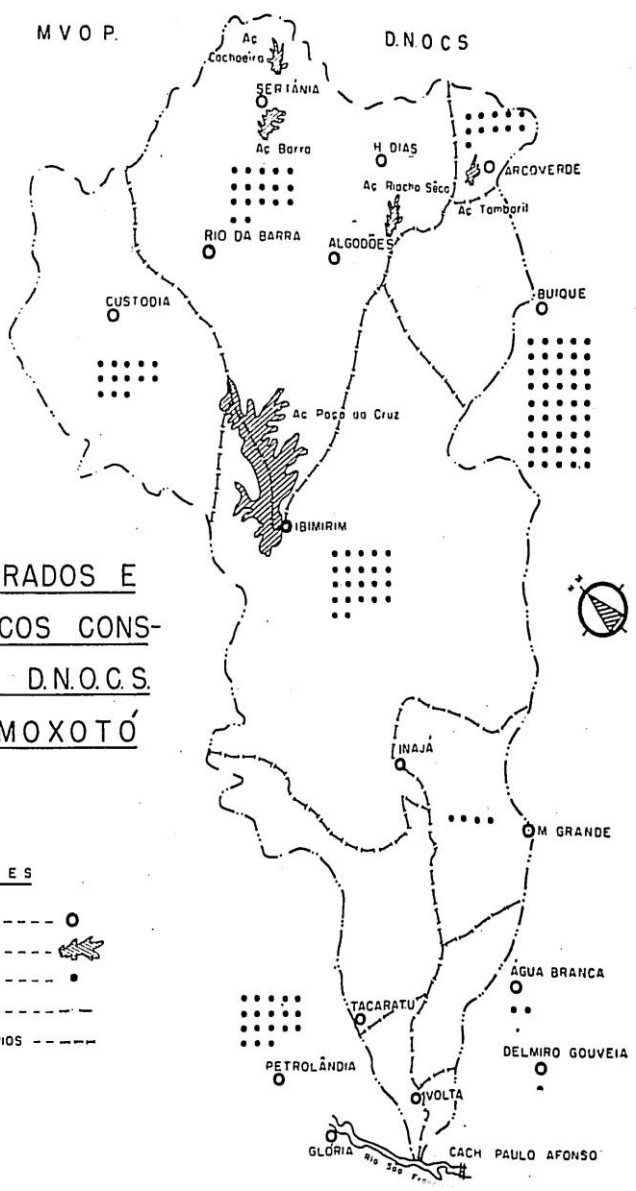
CONVENÇÕES

	0 a 400
	400 a 500
	500 a 600
	600 a 700
	700 a 800
	Mais de 800



POÇOS PERFURADOS E
AÇUDES PÚBLICOS CONS-
TRUIDOS PELO D.N.O.C.S.
NA BACIA DO MOXOTÓ

- CONVENÇÕES
- CIDADES ----- ○
 - AÇUDES PÚBLICOS ----- 
 - POÇOS PERFURADOS ----- •
 - LIMITES DA BACIA ----- - - - - -
 - LIMITES DOS MUNICÍPIOS ----- - - - - -



M. V. O. P

D. N. O. C. S

8

POPULAÇÃO PECUÁRIA DA BACIA DO MOXOTÓ

CONVENÇÕES

NATUREZA	10.000 Cabeças	5.000 a 10.000	De 0 a 5.000
BOVINOS	☐	☐	☐
OVINOS	▽	▽	▽
CAPRINOS	▲	▲	▲
SUÍNOS	★	★	★
CAVALAR	⊙	⊙	⊙
Limites da Bacia - - - - -			
Limites Intermunicipais - - - - -			
Rio Moxotó - - - - -			
Cidade - - - - - ○			







M. V. O. V.

D. N. O. C. S.

9

ESBÔÇO GEOLÓGICO DO VALE DO MÓXOTO

CONVENÇÕES

	Arenitos	} CRETÁCEO
	Calcário	
	Cristalino	} PRÉ CAMBIANO
	Contato Provável	



INTRODUÇÃO AO AERO-LEVANTAMENTO

4.^a, 5.^a, 6.^a, 7.^a, e 8.^a SECÇÕES

INTRODUÇÃO AO AERO-LEVANTAMENTO (*)

Lauro Pie (**)

Eng.º Geógrafo

4.ª Seção — VÔO FOTOGRAFICO

1 — GENERALIDADES

Ao correr das seções anteriores tivemos já várias oportunidades de nos referirmos à operação fundamental de obtenção das fotografias aéreas: o vôo fotográfico.

Trataremos hoje da operação em si, procurando apresentar aos leitores alguns dos seus aspectos mais interessantes, numa tentativa de familiarizá-los com seus problemas técnicos mais comuns.

A exigüidade de tempo não permite que demos ao assunto um tratamento tão amplo como desejaríamos, embora procuremos, aqui, satisfazer, pelo menos, o mínimo exigido pelo nosso objetivo: uma apresentação geral do aero-levantamento.

De um modo geral, o vôo fotográfico destina-se à obtenção de fotografias aéreas e embora muitos vôos não se façam com fins fotogramétricos, é natural nos atenhamos ao trato dêsse tipo de vôo.

O vôo fotogramétrico deve obter fotografias destinadas à restituição fotogramétrica em algum tipo de equipamento restituidor já definido. Embora seja tènicamente possível a restituição de qualquer fotografia aérea (desde que se disponha de suficientes dados) essa operação só é realizada em boas condições de rapidez, economia e precisão sôbre fotografias

(*) As três anteriores seções dêste trabalho foram publicadas no Volume 23, n.º 11 — Março de 1965, dêste Boletim.

(**) Assessor Técnico da Seção de Aerofotogrametria do DNOCS (DPEP-Recife).

especialmente destinadas a êsse fim. A obtenção dessas fotos exige do vôo condições técnicas muito rigorosas, e por isso mesmo difíceis de obter, o que nos leva, muitas vêzes, a um abrandamento de uma condição em benefício de outras, num jôgo que nos possa levar a bons resultados técnicos e econômicos.

De qualquer modo, porém, há uma cousa curta e certa : — “a menos que ocorram imprevistos muito sérios, a equipe de vôo não pode modificar as especificações oriundas do planejamento. Só o projetista, conhecendo todo o mecanismo da obra em execução, pode fazer as concessões de que falamos acima”.

2 — FOTOGRAFIAS AÉREAS PARA RESTITUIÇÃO

Dependendo do processo de restituição a empregar, as fotografias podem ser verticais, oblíquas e combinadas. Para definirmos cada um desses tipos valêmo-nos da posição do eixo ótico da câmara de tomada em relação à vertical do local de exposição :

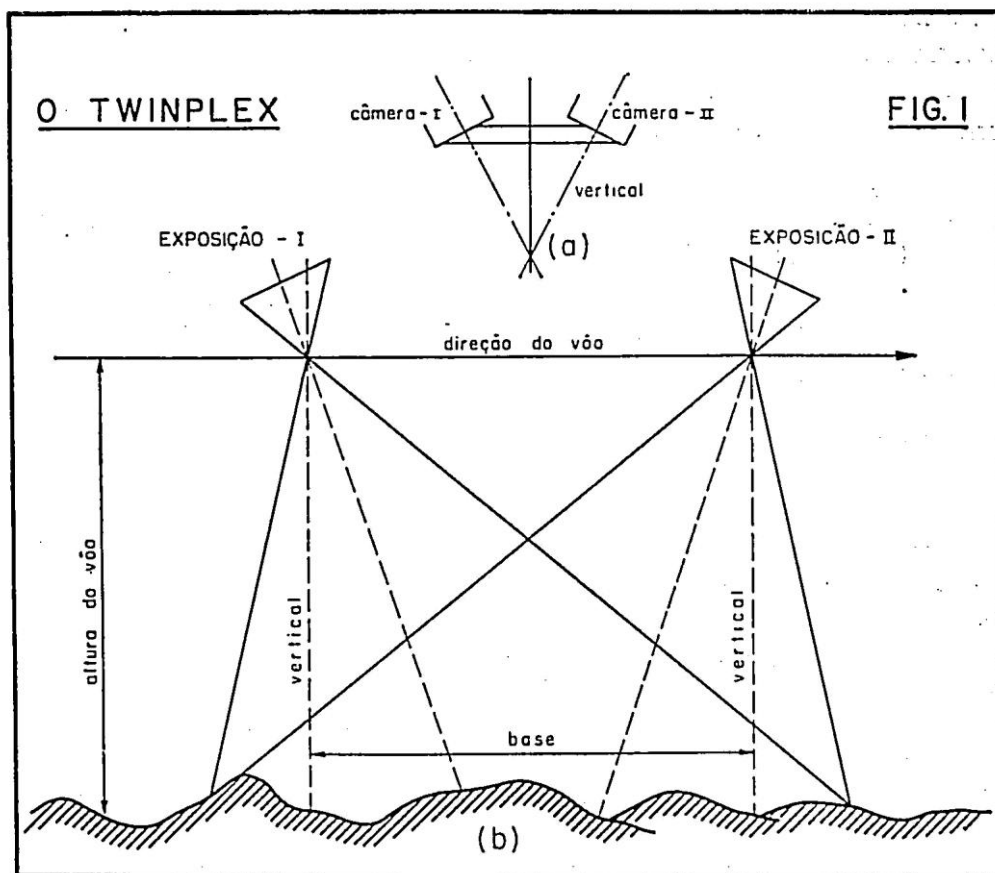
- verticais, são as fotografias tomadas com o eixo ótico da câmara em coincidência com a vertical;
- oblíquas, são as tomadas com eixo ótico da câmara e a vertical formando um ângulo menor que 90° entre si. Serão oblíquas altas, se nelas aparece o horizonte; e oblíquas baixas, quando sucede o contrário;
- combinadas, são fotografias tomadas num mesmo instante, por câmeras diferentes, acopladas entre si, e satisfazendo certas condições. Exemplo dêsse tipo são as fotografias usadas no método TRIMETROGON, que referiremos adiante.

Para fins fotogramétricos qualquer fotografia é encarada como uma perspectiva central deformada. Como o mapa é sempre uma projeção ortogonal, o problema da obtenção de um mapa a partir de uma fotografia pode ser resolvido em duas operações fundamentais :

- transformação da perspectiva deformada numa projeção central geométrica;
- transformação desta última numa projeção ortogonal.

Embora admita-se que uma fotografia é uma projeção central deformada, as deformações existentes devem ser mantidas dentro de certos limites, e é este, justamente, o maior problema da fotografia em si.

O mais difundido método de levantamento no Brasil é o da restituição de fotografias pròximamente verticais, razão porque nos limitaremos à sua análise, muito embora não seja o único, nem o mais rigoroso, nem o mais moderno. A figura 1 ilustra, esquemáticamente, um método baseado na exposição simultânea de duas fotografias oblíquas: o moderno método TWINPLEX.



3 — CAMERAS AÉREAS

As câmeras aéreas, responsáveis diretas pela exposição da fotografia, são o primeiro equipamento onde se procura reduzir a limites satisfató-

rios as deformações normais da fotografia aérea. Perseguindo êsse fim procuram-se resolver, na construção de tais câmeras, os seguintes problemas fundamentais :

I) aberrações da objetiva — devido às necessidades práticas de economia e rapidez as objetivas modernas são tôdas de grande ângulo, usualmente entre 70° e 130° , o que, por fugir muito das condições teóricas da ótica geométrica, implica em certos defeitos usualmente chamados aberrações.

Recordemos que essas aberrações podem ser devidas à inter-ação de três causas essenciais, a saber : a forma da lente (grande ângulo de campo) à natureza da luz (diferentes comprimentos de onda) e à natureza do material de que é feita a lente (comportamento ótico).

Para sua eliminação eventual ou sensível diminuição (das aberrações) conta o projetista da objetiva com os seguintes recursos gerais :

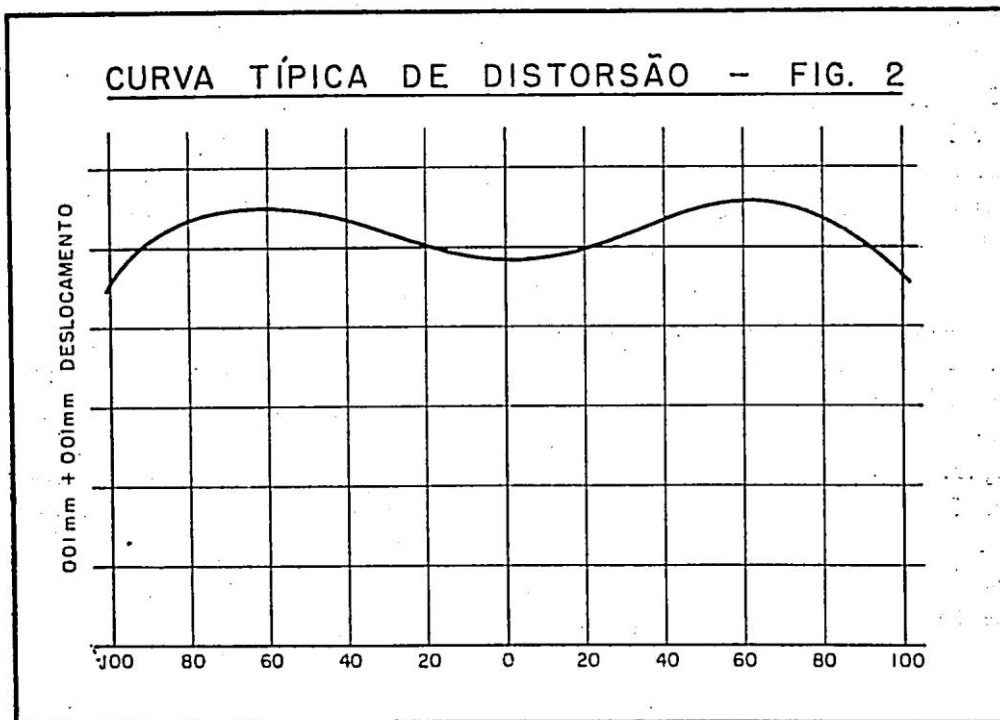
- materiais óticos diferentes (vidros CROWN e FLINT, cristal, plástico, etc.)
- construção de lentes de múltiplos elementos
- diafrágmás
- filtros

Como esclarecimento acessório vale recordar que as objetivas modernas apresentam-se, na sua totalidade, coloridas, geralmente azuladas. Os leigos supõem, em regra, que isso se deve a materiais estranhos ou a certo esmero de fabricação, sendo pois um elemento diretamente responsável pela qualidade da lente. Puro engano, entretanto. A côr azulada ou arroxeadada das objetivas deve-se a uma fina película que lhes cobre cada elemento e cuja finalidade é eliminar as perdas por reflexão que, a não ser assim, limitariam muito o emprêgo de elementos múltiplos numa só objetiva.

De um modo geral as modernas objetivas fotogramétricas são *anasigmáticas* (de um ponto objeto dão um ponto imagem), *acromáticas* (têm a mesma distância focal para diferentes comprimentos de onda), e *aplanéticas* (de um plano objeto dão um plano imagem). Dessa maneira, suas qualidades técnicas devem ser analisadas apenas do ponto de vista daqueles percalços que ainda não nos foi possível eliminar satisfatoriamente : distorsão, poder resolvente, e iluminação.

Distorsão — é uma aberração devida à forma dos elementos da lente e à distância entre o eixo ótico da mesma e o objeto (ou a imagem).

Deve, por isso, ser examinada nos extremos das diagonais do quadro focal, os pontos mais distantes do pé do eixo ótico no negativo (**ponto principal do negativo**). A distorsão traduz-se por uma modificação da posição real da imagem seja na direção do ponto principal (radial) seja na que lhe é perpendicular (tangencial). Numa boa câmara a distorsão não deve exceder $\pm 0,004$ mm nas piores condições, e isso deve vir explícito nos certificados de garantia da câmara, geralmente por meio de uma curva:



Iluminação — A necessidade de eliminação de múltiplos defeitos na objetiva tem limitado muito a abertura das câmeras. As melhores andam ao redor de $f/5.0$. Isso, aliado às perdas em cada elemento, diminui muito a capacidade de iluminação eficiente e uniforme de todo o quadro focal, prejudicando bastante a eficiência da câmara. É outro ponto a ser cuidadosamente examinado numa câmara.

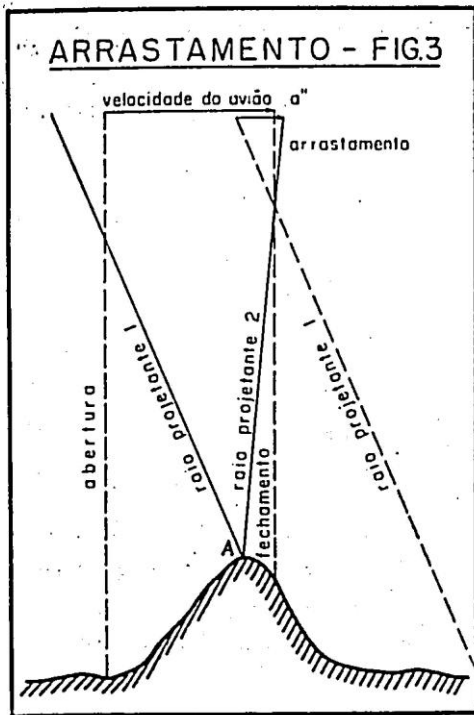
Poder resolvente — É a capacidade da objetiva de formar imagens

nítidas de objetos muito pequenos, sendo o grande responsável pela qualidade da imagem obtida. Usualmente essa característica é expressa em número de linhas separáveis dentro de um milímetro. Daí chamar-se também **poder separador**. Essa característica pode ser afetada pela má "performance" de um filme; daí dever ser pesquisada em **negativo**, obtidos dos melhores filmes disponíveis e nas melhores condições técnicas possíveis.

II) **constância das relações internas** — As câmeras aéreas são instrumentos de precisão cuja operação deve, contudo, ser satisfatória em condições extremamente adversas. Durante uma mesma missão, por exemplo, é usual a câmera sofrer variações de temperatura da ordem de 50° C em menos de uma hora. A fim de evitar que isso crie problemas na delicada calibragem das posições relativas dos elementos da câmera (a distância do quadro focal ao ponto nodal posterior da objetiva — distância focal calibrada — é garantida ao centésimo do milímetro) é usual que a montagem seja feita numa peça rígida de material invar conhecida como **CONE INTERIOR**. Esse cone interior é, então, montado no corpo da câmera, chamado **CONE EXTERIOR**.

III) **forma do quadro focal** — Dentro das especificações de uma câmera aérea é evidente que a superfície focal deve, tanto quanto possível, ter a forma calculada pelo construtor. As câmeras que operam com filmes têm, por isso, de assegurar o rigor dessa superfície a cada nova exposição. Como os filmes são armazenados numa peça móvel e independente da câmera, o **CHASSIS**, é a essa peça que compete manter a forma de quadro focal. Embora existam diversas soluções para o problema, a mais geralmente aceita hoje em dia é a de uma bomba de vácuo que puxa o filme contra uma peça rígida no instante da exposição.

VI) **compensação do movimento da imagem** — Um filme moderno para fotografia aérea pode ser impressionado num milésimo de segundo ou menos. As condições extremamente difíceis de operação das câmeras, contudo, não têm facilitado velocidade de obtenção menores que 1/300 de segundo. Só o moderno sistema de lâminas em movimento contínuo das câmeras **ZEISS** possibilita ultrapassar esse limite. Ocorre portanto que o filme pode ser impressionado durante esse espaço de tempo diminuto mas finito. Se durante esse tempo o avião não se desloca de um comprimento que corresponda a 0,01 mm na escala da foto, muito bem. Se, porém esse limite é ultrapassado a imagem sofre um **arrastamento** como mostra a figura 3.



Um exemplo esclarecerá melhor o problema :

seja um avião que vôle a 360 km/h e deva fotografar com uma câmara de distância focal 15 cm; a velocidade desse avião é, por segundo, de 100 m, ou seja um metro num centésimo de segundo, trinta centímetros numa fração 1/300, aproximadamente. Buscando a escala em que esse comprimento seja representado por 0,001 mm encontramos :

$$\frac{1}{E} = \frac{0,001}{300} = \frac{0,1}{3.000} = \frac{1}{30.000}$$

empregando a conhecida relação $\frac{1}{E} = \frac{f}{H}$, teremos :

$$H = f \times E = 30000 \times 15 = 450.000 \text{ cm} = 4500 \text{ m}$$

Esta é, portanto, a menor altitude que esse avião pode manter sem dar um sensível arrastamento na imagem. Havendo necessidade de um vôo em escala maior (altura de vôo menor) deverá ser compensado esse "movimento da imagem" por um equipamento especial que, ao que sabemos, ainda não é usado no país.

4 — AVIÕES FOTOGAMÉTRICOS

Os problemas mais gerais dos aviões já foram tratados quando ao estudo do planejamento. Alguns problemas particulares merecem contudo, ser focalizados por responsáveis diretos por alguns dos mais sérios inconvenientes dos vôos fotogramétricos.

Já indicamos, numa das seções anteriores, que os vôos fotogramétricos são realizados sob exigência de superposição longitudinal (60% na direção do vôo) e transversal (20% perpendicularmente ao vôo). Vimos, também, que o terreno é percorrido por faixas, dentro das quais são feitas

as exposições sucessivas. Também já verificamos que as tolerâncias de verticalidade das fotografias e manutenção de sua escala média são por natureza apertadas.

Tudo isso traduz-se para a equipe de vôo em alguns problemas práticos, que são :

- manutenção, dentro do possível, da horizontalidade do aparelho;
- manutenção da altitude de vôo;
- manutenção na direção do vôo;
- entrada em faixa;
- manutenção do intervalo de exposição.

I) **horizontalidade do aparelho** — Desde que é o aparelho que conduz a câmera, é claro que da horizontalidade deste depende a daquela e, conseqüentemente, a verticalidade do eixo ótico. Bem verdade que existem meios para minorar essa dependência, mas meios muito pouco eficazes. Também existem meios seguros de medir a inclinação do aparelho no instante da exposição, como a câmera de horizonte, por exemplo.

De qualquer modo, porém, o problema pode ser diminuído, minorado, mas não eliminado. O melhor, pois, é manter a horizontalidade do aparelho, e o único que pode fazê-lo é o piloto, que só êle dispõe de meios para isso.

II) **altitude de vôo** — A constância da escala das fotos depende, em grande parte da altitude de vôo. Manter esta última tão constante quanto possível é o seu segundo problema. Dispõe para isso de modernos e eficientes meios de contrôle como o rádio-altímetro mas, no fim de contas, muito depende ainda da sua habilidade e da qualidade de avião. Diga-se, de passagem, que também a variação de altitude de vôo pode ser medida, por meio de um aparelho chamado **estatômetro**.

III) **direção de vôo** — É o famoso problema da “deriva” que torna preferidos os aviões com “nariz de vidro”. A manutenção da direção de vôo, especialmente dentro de uma mesma faixa, é essencial para evitar que apareçam pedaços de terreno não fotografados, vulgarmente chamados “buracos” e que obrigarão a novo vôo ou, quando menos, a um custoso levantamento regular para preenchê-los. Resulta ainda em sérios inconvenientes para a restituição e o apoio de campo qualquer perda de orientação, especialmente em faixas muito longas.

A orientação pode ser verificada, dentro da equipe de vôo, por três pessoas : o piloto, o fotógrafo e o dirigente de vôo.

O piloto só pode percebê-lo pelo **compasso** (bússola), logicamente dentro da precisão desse instrumento. Quando o piloto é o único responsável pela correção da deriva é comum o aparecimento de faixas em “degrau” ou em “barriga” conforme suas correções sejam violentas ou suaves.

O fotógrafo pode verificar a “deriva” no visor da câmera e corrigi-la dando a esta uma torção equivalente. Essa correção é responsável pelas faixas “atravessadas” nas quais a diagonal da chapa está mais próxima da direção de vôo que os seus bordos.

O dirigente de vôo, porém, colocado no nariz do avião com ampla visibilidade do terreno, com a preocupação única de tomar referências para a próxima faixa, é o mais apto a perceber instantaneamente qualquer desvio e comunicar ao piloto as correções necessárias. Só assim conseguem-se com frequência os bons vôos, sem sensíveis defeitos de orientação das faixas.

IV) **entrada em faixa** — A entrada em cada faixa é que assegura o recobrimento lateral das fotos e a economia maior no vôo. Ela é responsabilidade exclusiva do dirigente de vôo, que dirige toda a operação.

V) **manutenção do intervalo de exposição** — A exposição das fotos deve ser tal que assegure o necessário recobrimento longitudinal (na direção do vôo). A câmera tem um acessório chamado **INTERVALÔMETRO**, cuja função é assegurar o necessário intervalo entre duas exposições sucessivas. O intervalômetro, contudo, deve ser calibrado antes do início da faixa, o que deve ser feito pelo operador da câmera.

Como se vê, além do pessoal necessário à operação do avião, o piloto, o diretor de vôo e o fotógrafo são indispensáveis à boa execução da missão fotográfica.

5 — O TERRENO A FOTOGRAFAR

Grande parte do êxito da missão fotográfica depende das condições de iluminação do objeto a ser fotografado, seja, o terreno. Estas, por sua vez, dependem quase totalmente das condições atmosféricas.

Embora esse ponto já tenha sido focalizado no trato do planejamento, há umas pequenas “nuances” que devem ser lembradas.

Os principais inconvenientes que a atmosfera apresenta são as nuvens. Se estão abaixo do avião elas tapam partes do terreno, criando “buracos” na cobertura. Se estão acima, projetam sua sombra sobre o terreno criando zonas onde a restituição é sobremaneira precária. Daí o cuidado de utilizarem-se dias com céu totalmente limpo ou quase.

Algumas vezes, contudo, criam-se condições de iluminação uniforme mas difusa, tendente a diminuir os contrastes. É o caso, por exemplo, dos dias completamente nublados, mas com lençóis muito altos. Nessas ocasiões um eficiente jôgo de tempo de exposição, abertura e filtros pode permitir um resultado razoável que, não raro, seja a solução para um angustiante problema de tempo.

Ao finalizar estas rápidas apreciações sobre o vôo fotográfico, uma última lembrança: Nenhuma vez é aconselhável qualquer demora entre a exposição e a revelação de um filme.

A revelação imediata, até mesmo no próprio avião, não é grande problema, pois os equipamentos necessários são bastante portáteis. E, a par disso, é um meio seguro de evitar possíveis acidentes que estraguem o filme e, acima de tudo, é o mais eficiente meio de verificar-se de imediato o resultado da missão. Isso, algumas vezes, é a única providência que media entre o sucesso e o fracasso de um projeto de levantamento.

6 — CONSIDERAÇÕES FINAIS

Não encerremos este capítulo sem alguns lembretes aos que nos lêem. Recomendações práticas que, ao nosso juízo, parecem muito úteis àqueles que podem precisar de um vôo, mas não vão executá-lo:

- a) A finalidade do vôo é fornecer um filme. Jamais contrate um vôo; sempre compre os filmes;
- b) Em consequência, estipule no contrato as condições que exige para o filme, deixando implícitas as especificações do vôo;
- c) Jamais, porém, deixe de verificar se o contratado tem condições para efetivar aquilo a que se propõe;
- d) ao receber o serviço contratado exija um mosaico montado, para verificar as condições em que é entregue. Em caso de dúvida, recorra aos positivos envolvidos;
- e) Ainda antes de receber os filmes verifique, numa mesa luminosa, as condições de cada rôlo.

5.^a Seção — RESTITUIÇÃO

Já tivemos oportunidade de definir a operação da restituição como sendo a transformação de uma projeção central — a **perspectiva fotográfica** — numa projeção ortogonal — o **mapa**. Dessa definição ressaltam duas propriedades imediatas :

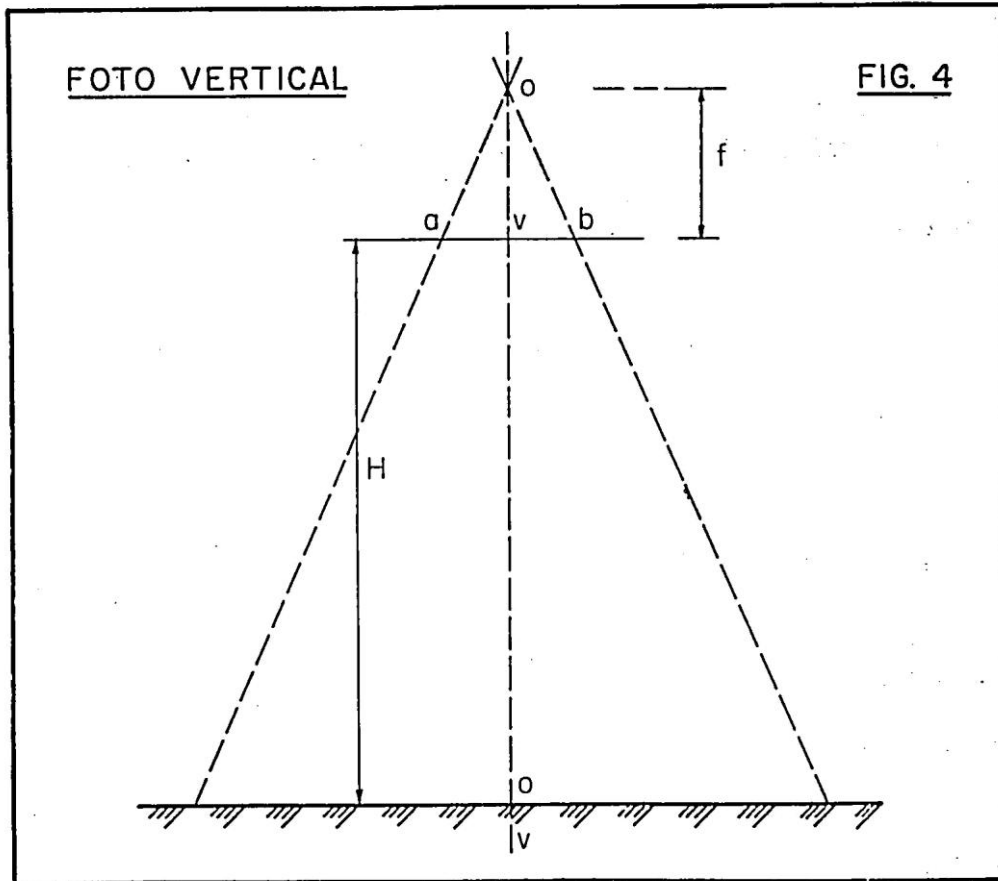
- o problema está posto em bases geométricas admitindo, por isso, tratamento analítico;
- qualquer fotografia pode ser tomada para restituição, desde que se conheçam as constantes que a definem geomêtricamente.

Na verdade assim é, ao menos teòricamente. Na prática tomam-se caminhos que simplifiquem o problema e facilitem a solução conjunta de diversas fotografias ao mesmo tempo, já que raramente uma única basta à cobertura da área a mapear.

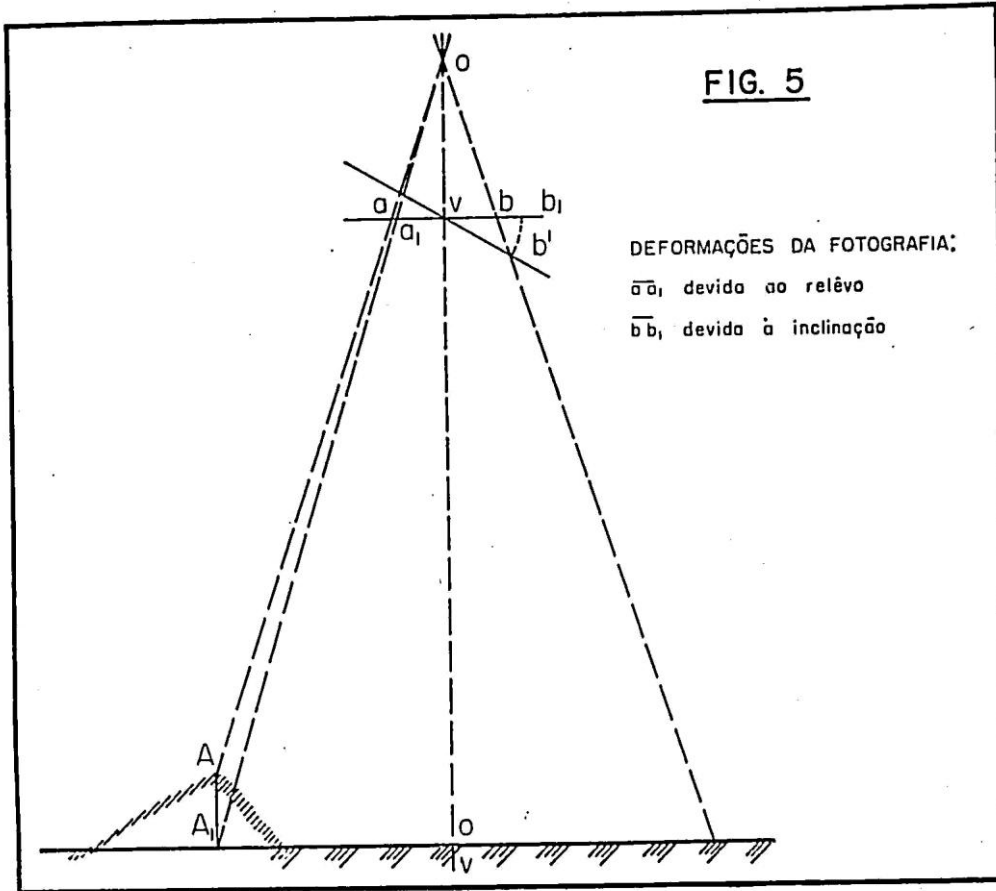
Tem-se como certo, de uma maneira geral, que uma fotografia única não permite a obtenção de um mapa. Nada mais errôneo. Argumentando apenas com fotografias aéreas, que mais de perto nos interessam, a única dificuldade apresentada pela fotografia única está no levantamento da altimetria, sendo até bastante simples a obtenção de um mapa planimétrico com seu auxílio e a mediação da posição plana de um suficiente número de pontos.

Para melhor concretização de idéias relativas ao problema partiremos, por tudo que foi dito acima, de uma rápida análise do problema da obtenção de um mapa planimétrico a partir de uma única fotografia aérea supostamente vertical.

A figura 4 mostra que, sendo o terreno plano e a fotografia absolutamente vertical, esta é, na realidade, uma perfeita reprodução do terreno, numa escala definida pela relação $\frac{l}{E} = \frac{f}{H}$:

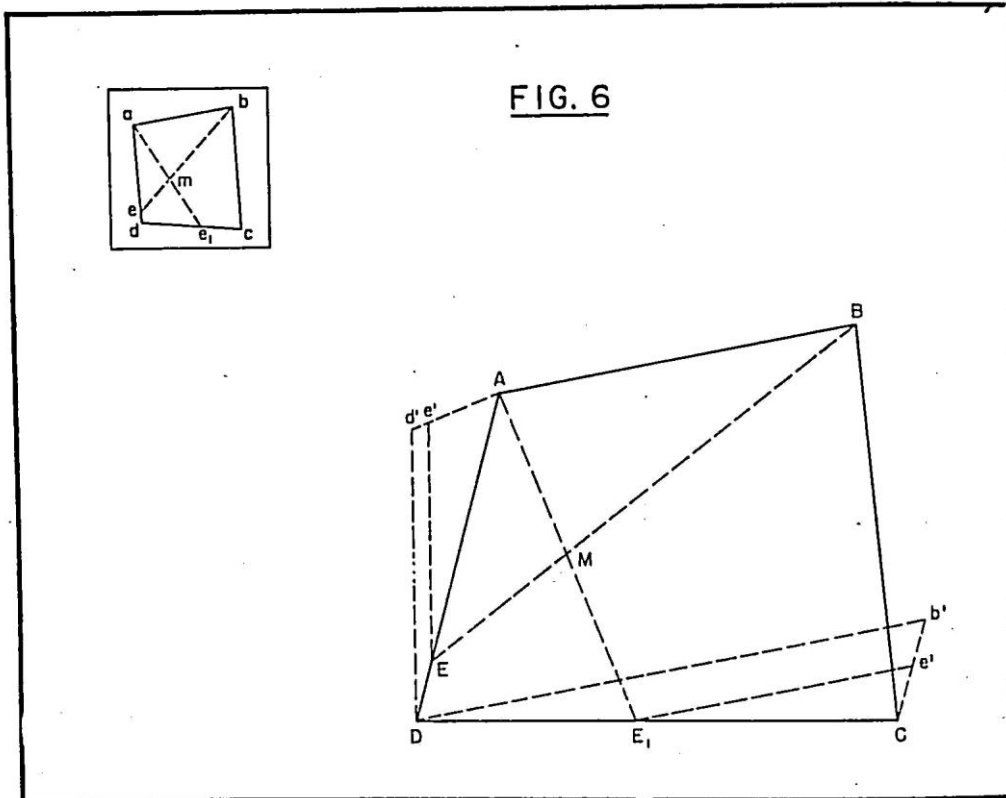


Como nem o terreno é plano nem a câmera está absolutamente vertical, surgem deformações do feixe perspectivo, que estão ilustradas no exemplo seguinte, e que alteram não só a posição plana dos objetos fotografados como a própria escala da representação.



A deformação sofrida pelo feixe perspectivo é que, conseqüentemente, complicou as cousas. Vejamos então uma solução mais simples para o problema. Suponhamos (Fig. 6) que temos medidas as posições planas de quatro pontos **A, B, C, D**, representados em **a, b, c, d**, na chapa, e que locamos na fôlha de desenho, já na escala desejada. Suponhamos, ainda, que desejamos levantar a posição plana do ponto **M**, representado na foto por **m**; tracemos, a êsse efeito, a reta \bar{bm} até encontrar o lado \bar{ac} em **e**; com uma tira de papel colocada sôbre \bar{ac} marquemos a posição relativa dos pontos **a, e, c**, e transportemos **e** para o mapa utilizando a construção da divisão proporcional de um feixe de retas, marcando **E**. Procedendo do mesmo modo com relação aos pontos fixos **a, c** e **d**, obteremos E_1, E_2, E_3 , sôbre os lados $\bar{CD}, \bar{BD}, \bar{AD}$. Unindo agora **B** a E_1 , **A** a E_2 , **C** a E_3 , e **D** a E_3 , estamos em condições de, com facilidade, determinar a posição de **M**.

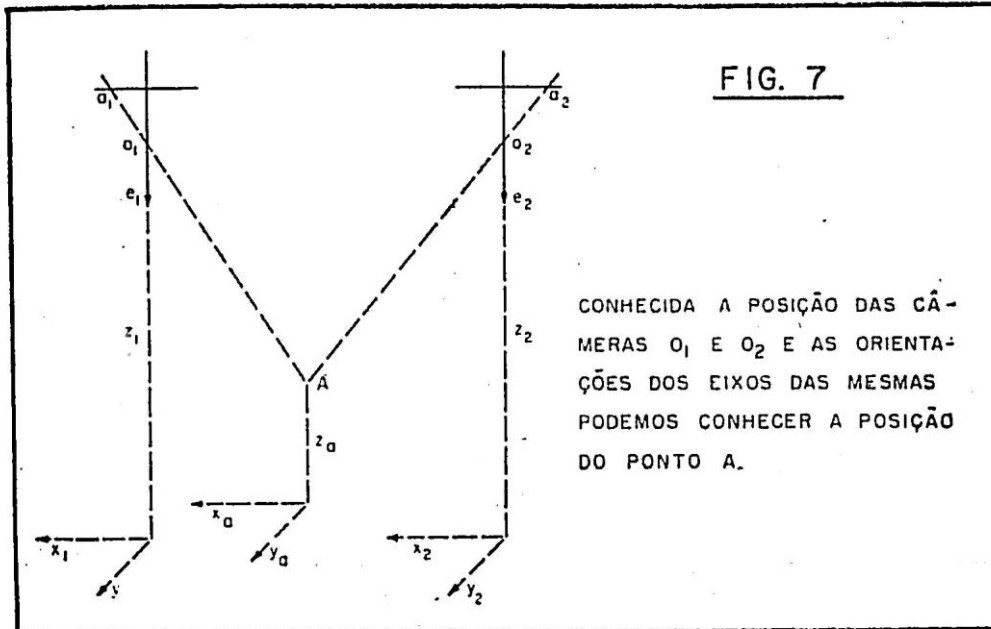
Procedendo assim para um número razoável de pontos conseguiremos uma representação plana da fotografia bem satisfatória e na escala desejada.



Evidentemente esta é uma solução possível, não uma solução satisfatória. Observemos, contudo, que apenas dispomos, para a tornar exequível, da fotografia, da distância focal da câmera de tomada, da altura de vôo aproximada, e da posição plana de quatro pontos.

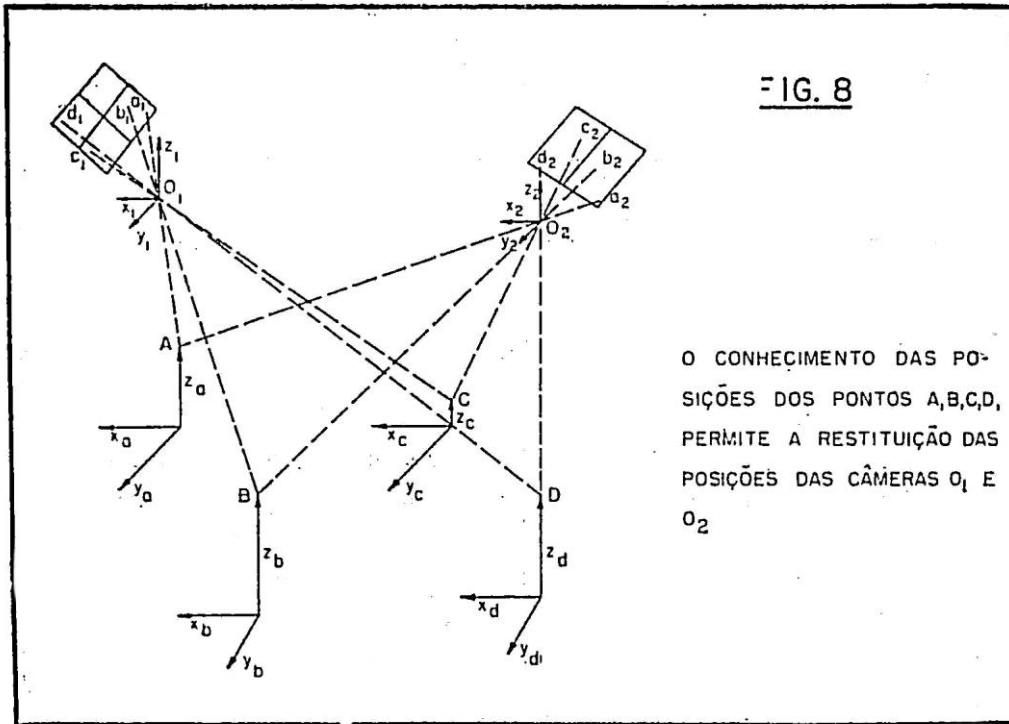
Suponhamos (Fig. 7) que, ao invés disso, dispuséssemos de duas fotos, da distância focal da câmera que as tomou, da orientação espacial dos seus eixos óticos no instante da exposição e da posição espacial dos pontos de exposição. É evidente a facilidade com que obteremos a reprodução ortogonal do modelo fotografado, seja altimétrica, seja planimétrica. Tratando-se de fotografias aéreas, entretanto, essa desejável solução não é fácil de obter, que a medição das coordenadas dos pontos de

exposição e das orientações dos eixos óticos é problema por demais delicado.



Analisemos, entretanto, a figura 8. Nela dispomos (a) dos dois feixes projetivos desorientados e da posição espacial dos quatro pontos A, B, C, D. É claro que com a ajuda desses pontos podemos reorientar cada um dos feixes projetivos, simplesmente impondo-lhe que os raios projetantes de a, b, c e d passem pelos pontos do modelo respectivos (A, B, C e D) (b). Evidentemente (c), feita essa operação para os dois feixes projetivos qualquer ponto M estará automaticamente determinado pelo encontro de dois raios projetivos homólogos. Tal é, esquematicamente, o problema da restituição como é atualmente encarado e resolvido.

A sua solução prática, porém oferece diversas alternativas que, a seu turno, servem à criação de outros tantos instrumentos restituidores em torno dos quais montam-se os diversos processos de aero-levantamento atualmente utilizados.



Princípio de Porro-Koppe — A solução apresentada na figura 5 só é realmente correta se o feixe projetado pela fotografia é absolutamente semelhante ao feixe projetivo que a impressionou. Esta dificuldade inicial foi vencida pela aplicação do princípio da reversibilidade dos raios luminosos inicialmente por Porro e posteriormente por Koppe (1910).

Utilizavam ambos para lente projetora uma réplica tanto quanto possível exata das lentes de tomada, cujos raios emergentes eram captados por uma luneta de observação materializando o eixo ótico desta, o caminho do raio emergente. Se essa luneta é solidária e pròpriamente orientada com uma barra rígida essa barra que materializa o raio emergente e, em consequência, está creado um sistema mecânico de restituição. A maioria dos equipamentos restituidores de alta precisão emprega esse sistema, cuja maior desvantagem é, até o presente, o tamanho excessivo do instrumento.

Esses equipamentos, para tirar proveito da extraordinária precisão possível com o método, tendem a um continuo aperfeiçoamento de todos os seus componentes resultando disso, não raro, aumentado o espaço necessário especialmente quando aparecem implementos como coordenatógrafos, computadores eletrônicos, traçadores de perfis; etc.

Ainda com base nesse princípio podem ser construídos equipamentos em que algumas operações são realizadas óticamente e outras mecânicamente. Por exemplo, a determinação do caminho dos raios é ótica mas a compensação das distorções é mecânica (Kelsh-Plotter). Tal artifício torna possível certa redução no tamanho do instrumento, mas não a ponto de torná-lo tão compacto quanto seria de desejar.

No estudo analítico das operações envolvidas na restituição o mais complicado problema encontrado foi, de início, o tratamento das imagens de um mesmo ponto como elas surgiam nas duas fotografias de um par estereoscópico. Em especial pela necessidade de referir ambas as imagens a um único sistema de coordenadas planas, em geral um sistema baseado na linha que unia os dois pontos principais das fotos envolvidas.

Isso porque surgiam sempre diferenças de coordenadas entre as duas imagens, diferenças influenciadas pelas deformações devidas à inclinação das chapas e ao relêvo, tudo segundo equações muito complicadas. Essas diferenças chamadas "paralaxes", são como que a expressão matemática das projeções, segundo os eixos coordenados, da distância mínima entre os dois raios projetivos relativos a um dado ponto.

Sendo elas devidas, como se disse, em parte ao relêvo e em parte à desorientação dos dois feixes projetivos era natural que se buscasse separar essas duas influências em termos independentes, de tal modo que se pudesse eliminar ou compensar o devido à inclinação e calcular o devido ao relêvo.

Orientando-se a pesquisa nessa direção chegou-se à surpreendente conclusão de que a influência que se desejava eliminar traduzia-se sempre por uma superfície de referência geométrica, que funcionava como superfície de referência em substituição ao usual plano origem das altitudes.

Abriu-se assim, um nôvo campo às medições estereoscópicas: a restituição pelos estereomicroímetros com redução (correção) da superfície de referência. Esse engenhoso método permite a construção de instrumentos de muito menores dimensões, alguns dos quais de extraordinária precisão como, segundo se diz, o ESTÉREO-TOPO ZEISS.

Composição dos ORIGINAIS — A restituição aero-fotogramétrica baseada em medições estereoscópicas é, como vimos, a solução do problema para um "par estereoscópico". Chamaremos, como de uso, ao desenho resultante "estereograma". Restava a resolver, por isso, o problema da reunião de todos os estereogramas que cobriam a área a levantar num desenho único, operação chamada "composição".

A solução mais direta encontrada é a medição da posição de um certo número de pontos do terreno de maneira que cada estereograma pudesse, imediatamente, ser “amarrado” em posição e escala.

O estudo detalhado das propriedades geométricas da fotografia aérea, porém, tem facilitado muito essa tarefa, diminuindo cada vez mais a necessidade de medições no terreno — especialmente as medições planimétricas.

Triangulação radial — Estudando-se as deformações existentes em uma fotografia logrou-se encontrar um ponto, chamado ISOCENTRO, vértice dos ângulos que se projetavam na foto sem deformações.

Aliando-se essa interessante propriedade às especificações de recobrimento do vôo fotográfico chegou-se à criação de uma técnica capaz de aumentar muito o rendimento do apoio planimétrico e ilustrada esquematicamente na figura 6: a triangulação radial.

Para executá-la existem diversas técnicas como a manual, com plástico transparente, a mecânica, com cartões perfurados, e a estereoscópica, a mais rigorosa delas.

O estudo e a aplicação dessas técnicas levaram à consecução de soluções mais avançadas como, por exemplo, a “triangulação espacial” já muito mais requintada em precisão e rendimento.

Em síntese, consiste ela na expansão fotogramétrica de uma medição feita no campo. Numa faixa, por exemplo, são medidos apoios para a restituição do primeiro par e do último, sendo essa medição realizada no campo. Orientado o primeiro par o instrumento de restituição é utilizado para “passar” a orientação através de toda a faixa, até o último par onde a operação é verificada e, se necessário, corrigida. Essa “passagem” consiste, essencialmente, em: fazer-se a orientação do primeiro par; em seguida, mantendo-se a posição da foto comum a este e ao segundo — já orientada — orientar a terceira foto (segunda foto do segundo par); mantendo-se fixa a posição desta, e a partir dela, orientar a quarta, e assim sucessivamente até o último par.

Num refinamento maior já se procura, atualmente, resolver esse problema da triangulação espacial analiticamente, por meio de computadores eletrônicos, de maneira a obter-se o máximo rendimento em precisão e rapidez com o mínimo de apoio e tempo.

O equipamento Multiplex — Tal é, numa síntese muito rápida e superficial, o problema da restituição. Uma das suas soluções mais divulgadas e mais práticas é o equipamento Multiplex. Como é este o apare-

lho restituidor mais em uso no país e, especialmente, o único disponível no D.N.O.C.S. (Serviço de Estudos) vamos dar aos amigos uma idéia mais detalhada da sua operação.

Essencialmente, o equipamento Multiplex constitui-se de dois aparelhos: um redutor, destinado à confecção de transparências positivas em placas de vidro usualmente chamadas dispositivos e um restituidor.

Redutor — Constitui-se o redutor, muito esquemáticamente, de um quadro luminoso à frente do qual coloca-se a chapa negativa (filme) como objeto de uma objetiva fotográfica em cujo quadro focal coloca-se a placa de vidro a impressionar. A objetiva tem duas funções especiais: reduzir ao máximo possível a distorção que a objetiva de tomada imprimiu à imagem do negativo e dar a esta uma forte redução (cêrca de cinco vêzes). O diapositivo assim obtido é, portanto, uma cópia transparente em tamanho reduzido e com um mínimo de distorção da fotografia aérea.

Restituidor — O restituidor compõe-se de uma mesa rígida e plana que materializa o plano de referência do mapa, sôbre o qual está montada uma barra rígida, materialização da linha teórica de vôo, na qual apoiam-se projetores, de três a nove em cada barra, que materializam a câmara de tomada no momento da exposição. Sôbre a mesa rígida desloca-se uma mesa móvel cuja superfície materializa os planos de igual altura do terreno. No centro dessa superfície uma pequena marca luminosa marca o ponto de encontro dos raios homólogos partidos de dois projetores contíguos. Sua projeção sôbre a superfície do mapa é determinada pela ponta do lápis traçador.

Cada projetor tem uma lâmpada que, através de um condensador, ilumina o diapositivo. Como se utiliza, para a percepção estereoscópica, o processo do anaglifo (côres complementares) cada projetor é dotado de um filtro colorido — azul ou vermelho — de modo que dois projetores contíguos têm sempre côres diferentes, correspondentes aos filtros com que se armam os olhos do operador para a observação.

Cada projetor é dotado de três movimentos de translação — na direção de vôo (x), perpendicular a esta (y) e na direção vertical (z) e três de rotação — em tórno da direção de vôo (dx), em tórno da vertical (dz) e em tórno da perpendicular à linha de vôo (dy) — de modo a materializar todos os movimentos da câmara no espaço e, assim, permitir a reconstituição da posição desta no instante da exposição da chapa.

Operação — Obtidos os diapositivos a operação do Multiplex resume-se em orientarem-se tôdas as câmeras de uma “faixa” e em desenharem-se o mapa planimétrica e altimètricamente.

A orientação é realizada em três etapas. Na primeira (orientação interior) cuidamos de realizar as condições geométricas existentes no interior da câmera; para isso fazemos com que a iluminação se distribua uniformemente por todo o campo do projetor e, pela coincidência de uma marca do projetor com uma correspondente do diapositivo, centralizamos a imagem a projetar no quadro focal.

Na segunda etapa (orientação relativa) procuramos eliminar a paralaxe existente na direção perpendicular à linha de vôo (paralaxe em y ou paralaxe vertical) movendo as câmeras dos dois projetores de maneira a recompor a situação relativa existente entre ambas quando da exposição.

Na terceira etapa, finalmente, procuramos orientar ambas as câmeras (ou tôda a faixa) em relação ao terreno usando para isso os movimentos de mesa traçadora, os pontos de apoio determinados e a paralaxe na direção de vôo (paralaxe em "X" ou paralaxe horizontal). Esta última fase é chamada orientação absoluta. Realizada a orientação pode-se iniciar a restituição propriamente dita, ou seja, o desenho do mapa.

Isso se consegue fazendo com que a marca luminosa "coincida" com o modelo do terreno e, assim desenhados os detalhes sôbre o papel com a ponta do lápis traçador.

Vantagens do equipamento — O Multiplex é, sob alguns aspectos, um aparelho extraordinariamente prático e simples. Essas características fizeram dêle o mais divulgado aparelho restituidor até o momento utilizado em todo o mundo e é mesmo muito provável que êsse predomínio ainda se mantenha por muito tempo, especialmente para a confecção de mapas em escalas entre 1:10000 e 1:50000.

Suas vantagens principais são :

— Solução rápida do problema da triangulação espacial com enorme economia de apoio. Em boas condições podem-se restituir nove fotografias com apoio planimétrico apenas no primeiro e no último par e altimétrico em mais um, central.

— Larga faixa de escalas de trabalho, permitindo seu emprêgo em mapas para diferentes fins.

— Modelo estereoscópico de boa nitidez facilitando extraordinariamente o desenho topográfico que é feito, assim, com ótimo rendimento.

— Possibilidades muito amplas de extensão de apoio, podendo-se mesmo utilizar duas barras conjuntamente (18 projetores).

Evidentemente essas vantagens não se apresentam sem algumas desvantagens de importância, capazes de limitar muito o emprêgo do equipamento. Enumeremos algumas :

— A projeção do Multiplex é, na realidade, uma ampliação de quase treze vezes do diapositivo. Isso torna muito delicada a questão da eliminação da distorção no diapositivo já que êrro de 0,008 mm na posição de um ponto já é sensível na projeção.

— Também a forte redução que se impõe ao filme exige, para evitar a perda de detalhes, que o poder resolvente da película do diapositivo atinja um valor ainda não alcançado (cêrca de 50 linhas por milímetro em todo o quadro).

— Todos os erros residuais nas diferentes operações até a obtenção da projeção limitam a eqüidistância vertical a cêrca de 0,002 da altura de vôo ($\frac{1}{500}$) o que impede o trabalho em escalas grandes.

— A orientação em terrenos muito planos é um tanto precária, especialmente no nivelamento do modêlo.

Tal é, enfim, a restituição fotogramétrica em suas generalidades. Segundo a idéia dominante de tôda a nossa exposição, limitamo-nos a apresentar generalidades que permitam ao interessado fixar o problema dentro das suas dificuldades e vantagens mais gerais. Acreditamos que isso seja suficiente para uma boa compreensão do método do aero-levantamento e, em especial da sua aplicação aos meios disponíveis neste Serviço.

6.ª Seção — FOTO-INTERPRETAÇÃO

Temos já referido que a fotografia é um registro detalhado dos objetos existentes numa área dada — área por ela coberta — capaz de anotar-lhes a forma, o tamanho e a disposição relativa. Essa propriedade da fotografia é, em essência, a responsável pelas suas vantagens como método de levantamento, pois permite que se traga para o escritório um registro muito mais vasto, completo e expedito que o de qualquer outro meio de reconhecimento ou medição.

Para a mais proveitosa utilização dêsse amplo registro é necessário, porém, que se saibam reconhecer ali todos os detalhes registrados, muito especialmente aquêles cujo conhecimento o usuário do levantamento reputa essenciais.

A essa técnica de reconhecimento dos detalhes registrados na chapa fotográfica chama-se usualmente INTERPRETAÇÃO FOTOGRAFICA ou ainda FOTO-INTERPRETAÇÃO.

Tratando-se de aero-levantamento é evidente que a foto-interpretação será operada sobre fotografias aéreas. Esse fato cria certas dificuldades à interpretação já que a perspectiva aérea é uma visão um tanto inusitada para a maioria dos mortais, constituindo-se por isso a foto-interpretação numa especialização não tão fácil quanto já difundida no ambiente técnico mundial.

ASPECTOS DELICADOS DO PROBLEMA DA INTERPRETAÇÃO

Quem aprecia uma fotografia comum, ainda quando em preto-e-branco, consegue, sem qualquer dificuldade, reconhecer um grande número de detalhes.

As dificuldades que aí podem aparecer são tôdas de natureza subjetiva; com efeito, desde que o observador tenha conhecimentos suficientes sobre os aspectos que deseja apreciar, tudo se resume em êle “lembrar-se” de perguntar isto ou aquilo.

Não é difícil, por exemplo, a um engenheiro dizer qual a pavimentação de uma estrada que apareça numa fotografia comum batida com razoável cuidado técnico.

Com a fotografia aérea, contudo, as cousas são diferentes. Em primeiro lugar, a perspectiva fotográfica é totalmente diferente do aspecto comum dos objetivos, ainda mesmo quando se trata de fotografias oblíquas baixas. O primeiro problema do intérprete, nem sempre fácil de resolver, é ligar uma projeção horizontal ou inclinada do objeto à projeção vertical a que sua visão está acostumada.

As fotografias usuais são em preto-e-branco, muito embora já se encontrem em uso fotografias aéreas infra-vermelhas e mesmo a côres. Como consequência, a tonalidade de cada imagem é função direta da quantidade de luz refletida pelo objeto e do modo como essa luz é refletida. Isso torna a fotografia muito sensível às sombras e luzes que usualmente existem no terreno e, mais ainda, à orientação relativa Sol-objeto-câmera e à natureza das superfícies refletoras. Dessa composição de múltiplos fatores resulta certa complicação nessa questão de tonalidades. A água, por exemplo, pode apresentar-se com qualquer tonalidade, desde o branco até o negro mais compacto. Só uma atenção minuciosa e uma consulta constante à memória podem, nesse caso, valer ao intérprete. Ou então a habilidade técnica, como referiremos depois.

A escala da fotografia, também, é capaz de dificultar bastante o problema. A influência da escala deve, aliás, ser apreciada em dois diferentes aspectos: a escala nominal (média) de todo um vôo e as pequenas variações de escala que sempre ocorrem numa mesma fotografia. Esse último aspecto é particularmente importante quando se trata de fotografias oblíquas nas quais a escala diminui aceleradamente à medida que nos afastamos do pé da perpendicular da chapa (ponto NADIR).

A escala nominal da fotografia é, de início, a única informação capaz de fornecer ao intérprete elementos para a estimativa do tamanho real dos objetos cujas imagens figuram na foto. Uma variação mais acentuada e *desapercebida* desse valor não pode, evidentemente, auxiliar o intérprete, antes há de induzi-lo a erros, talvez a erros capazes de anular-lhe todo o trabalho.

A escala nominal, dada pela relação entre a distância focal da câmera de tomada e a altura de vôo, atua como um limitador das possibilidades de interpretação e assim deve ser levada em conta. Pode-se verificar, por exemplo, que u'a mata constituída por árvores com 10 m de diâmetro na copa (em média) oferecerá aspectos completamente distintos em diferentes escalas. Na escala de 1:1000 tôdas as árvores aparecerão como indivíduos, reconhecendo-se mesmo, em cada uma os ramos menores.

Na escala 1:5000 as árvores ainda aparecem perfeitamente distintas, mas já não se lhes distingue assim a folhagem. Na escala de 1:10000 já as árvores aparecem compactas entre si, apenas podendo-se distinguir no conjunto os maiores espécimes ou as regiões de maior ou menor compactação. Na escala 1:50000, finalmente, apenas uma mancha mais ou menos uniforme será distinguida. Fenômeno idêntico ocorre com qualquer outro tipo de detalhe de maneira que a variação da dificuldade de interpretação é inversa da escala: à medida que diminui a escala aumenta a dificuldade de interpretação.

Finalmente desejamos consignar aqui algo que embora não inerente à fotografia pode limitar enormemente o rendimento de uma interpretação: a curiosidade do intérprete. Tratando-se, como é o caso, de algo completamente subjetivo torna-se difícil explicá-lo com palavras. Um exemplo talvez esclareça as considerações que temos em mente.

Tomemos um rio. Suponhamos diversos intérpretes, A, B, C, D ... com interesse crescente na interpretação, digamos, A menos curioso que B, este menos que C, e assim por diante. Vem o intérprete A, toma a fotografia, reconhece o rio e dá-se por satisfeito. Na mesma fotografia, B, por não achar suficiente aquela informação, consegue esclarecer a direção da corrente, o tipo da mesma, sua perenidade e vadeabilidade. Já C ainda acha poucas essas informações e vai apurar o tipo do leito, das margens, os trechos mais profundos, as zonas de deposição de areia, a extensão do curso e os trechos navegáveis. D, porém, ainda acha poucas essas informações e, indo além, consegue reconhecer até mesmo o nome do rio.

Pode parecer que este exemplo seja um exagero. Não o é, porém; é uma ilustração, como um caso comum, de como diversos intérpretes obtêm rendimentos diferentes da mesma fotografia apenas porque suas curiosidades apresentam diferentes níveis de satisfação. Para reconhecer o nome do rio, por exemplo, basta reconhecer com segurança uma localidade onde ele passe e, em seguida, consultar alguma fonte de informação a respeito.

Quando apresentarmos, embora muito por alto, a técnica de interpretação ver-se-á que a grande maioria das informações mais particularizadas, mais refinadas, é conseguida no cotejo das informações colhidas em cada detalhe. Compreende-se assim, facilmente, que a interpretação de uma foto completada pelo intérprete D, do exemplo acima, será sempre muito mais rica, mais completa, mais detalhada, que a do intérprete A cuja pouca curiosidade termina por sonegar-lhe completamente importantes informações sobre o conjunto, as quais escondiam-se na soma dos pequenos detalhes que ele abandonou em cada objeto.

TIPOS DE INTERPRETAÇÃO

A interpretação da fotografia aérea tem por finalidade o levantamento da natureza dos detalhes representados. Esse trabalho, como qualquer outro em engenharia, persegue sempre uma finalidade definida. Essa finalidade individualiza de tal modo o trabalho a realizar que bem permite tomê-la para base de uma classificação dos tipos de interpretação.

Seria fastidioso e completamente fora da nossa finalidade, além de muito discutível sucesso, procurarmos enumerar todos os tipos particulares de interpretação já em uso. Contentemo-nos, por isso, com os tipos mais gerais. Indicaremos três, segundo limitem-se à superfície do terreno, ao próprio terreno, ou às suas partes ocultas, as camadas subjacentes à sua superfície.

No primeiro caso situam-se as interpretações de obras humanas, acidentes topográficos, coberturas vegetais, caminho, fauna, etc. É o tipo mais geral e, por isso mesmo, o que exige menor quantidade de conhecimentos acessórios, podendo ser levado a efeito por qualquer intérprete de modo geral.

No segundo caso está a interpretação de solos, mais refinada, exigindo sempre que grande parte dos trabalhos do tipo anterior seja executada preliminarmente e requerendo do intérprete boa cópia de conhecimento especializado. É a interpretação do agrônomo, da utilização de solos, da sua qualidade, das suas possibilidades na indústria, etc.

A terceira e última é a série mais complicada, a que exige mais soma de conhecimentos acessórios, a maior experiência do intérprete e, sobretudo, maior soma de trabalho preliminar. É a interpretação geológica, por excelência.

Dentro de qualquer dos três tipos podemos — e isso é intuitivo — encontrar tarefas altamente especializadas e requerendo, além de um alto “back-ground” de conhecimentos, uma habilidade muito especial do intérprete. É o caso, por exemplo, da interpretação militar, pertencente ao primeiro tipo.

RAPIDA IDÉIA SÓBRE A TÉCNICA DE INTERPRETAÇÃO

Embora seja verdadeiro que a interpretação de fotografias aéreas é algo muito especializado, muito técnico, é evidente que mesmo um indivíduo comum é capaz de interpretar certos detalhes, de fazer, pelo menos, a distinção entre certos tipos de imagens. Há um nível mínimo de interpretação que é exigível de qualquer indivíduo mais ou menos familiarizado com fotografias aéreas.

Esse nível mínimo pode, quando se trata de um operador cuidadoso e observador, ser bastante melhorado com a prática constante. Especialmente quando essa prática se faz dentro da melhor técnica de interpretação, como esboçaremos a seguir.

Tratando-se, como é comum, de fotografias a preto-e-branco, cada detalhe deve ser examinado segundo cinco aspectos essenciais. Em primeiro lugar devemos ater-nos à FORMA do detalhe, sempre lembrando que essa forma é a da PROJEÇÃO e não a que usualmente o objeto nos apresenta à observação. A distinção entre uma estrada de ferro e uma de rodagem, por exemplo, é quase exclusivamente apoiada no exame das formas, seja das curvas, seja das obras de arte, seja das rampas.

O aspecto seguinte, também de grande auxílio para o intérprete, é a SOMBRA. Uma igreja, exemplificando, é muitas vezes denunciada pela sombra de suas torres. Também os postes, cuja projeção vertical é sempre fina demais para ser sensível são facilmente reconhecidos por suas sombras bem características.

O TAMANHO do objeto, eis o aspecto a observar quando não sejam suficientes os anteriores. O tamanho, especialmente o tamanho relativo, é de particular importância na classificação das obras humanas. É bem fácil distinguir, pelo tamanho, entre uma residência comum e um armazém.

Passamos, em seguida, à apreciação da TONALIDADE, de particular importância na interpretação dos terrenos e das coberturas vegetais.

Finalmente, quando nenhum dos quatro aspectos apresentados satisfaz, recorre o intérprete à apreciação da VISINHANÇA do objeto, buscando focalizá-lo no conjunto de que faz parte, e assim, melhor identificá-lo.

Uma edificação de porte, para exemplificar, é facilmente reconhecida como estação ferroviária se podemos verificar nas suas proximidades o pátio de manobras, as plataformas de carga e descarga, a caixa d'água, etc.

Essas apreciações das vizinhanças, aliás, são sempre a grande vantagem do intérprete experimentado, a sua principal arma na solução dos problemas mais delicados da interpretação.

São estas as ferramentas de que usualmente nos valem para a interpretação de um detalhe. Há outras, tão ou mais importantes que estas, mas tôdas de natureza exterior, fora da fotografia em si. Podemos citar, para não alongar muito, o conhecimento pessoal do intérprete, sua habilidade, a documentação auxiliar à sua disposição e, em particular, os dicionários de interpretação vulgarmente chamados "chaves".

Uma fotografia, contudo, não é um detalhe, nem uma centena deles. Os detalhes de um foto contam-se por centenas, quando não por milhares,

e é mister interpretá-los todos para dar por concluída a interpretação da foto. Esse fato cria dificuldades que só uma boa técnica permite obviar e, por essa razão, vamos delinear aqui uma boa técnica razoável de interpretação apresentando-a, muito pela rama sob forma de conselhos.

1.º — Divida cada foto em pequenas zonas, de modo a diminuir o perigo de esquecer alguma parte da interpretação.

2.º — Utilize um código ou convenção para representar cada detalhe e lance, por meio dessa convenção a interpretação já feita na própria foto ou num "over-lay" convenientemente preparado.

3.º — Ordene a interpretação : um tipo de detalhe de cada vez, **sôbre tôda a foto.**

4.º — Comece pelas linhas de água ou fundos de vale como se costuma dizer. Se necessário anote também os divisores.

5.º — Passe às estradas, procurando levar a interpretação destas tão longe quanto possível.

6.º — Passe à cobertura vegetal, procurando particularizá-la tanto quanto possível. Procure distinguir exatamente o que é natural do que é plantado.

7.º — Passe, em seguida, às edificações e obras de arte e procure levar essa interpretação tão longe quanto possível.

8.º — Assinale todos os problemas que não conseguiu resolver.

9.º — Tente a interpretação da topografia e a da natureza do solo.

10.º — Faça uma revisão dos problemas assinalados para ver se resolve ou facilita algum.

11.º — Tente a interpretação geológica. Vá tão longe quanto possa no que concerne a :

- a) erosão;
- b) deposição;
- c) metamorfismo;
- d) classificação dos materiais.

12.º — Volte aos problemas. Assinale os que não conseguir resolver e passe à foto seguinte.

13.º — Verifique se as fotos contíguas ajudam a solucionar algumas das questões pendentes.

14.º — Resolva no campo aquilo que não resolver no escritório.

15.º — Anote cuidadosamente as soluções encontradas no campo, na sua “chave” particular. Elas o ajudarão no futuro.

RAZÃO DA INTERPRETAÇÃO NO QUADRO DO AERO-LEVANTAMENTO

Foi referido no começo desta seção, que a foto-interpretação destinava-se a fornecer uma análise tão ampla e detalhada quanto possível dos diversos detalhes registrados na fotografia. Isso com que objetivo?

Dentro do quadro de aero-levantamento, com o fim de permitir o lançamento imediato do maior número de informações possível no mapa, com máxima economia de tempo, trabalho e capital.

Isso é conseguido pela foto-interpretação de modo altamente satisfatório. Sobretudo com as vantagens adicionais da minúcia e da efetivação antes das operações sobre o terreno. Especialmente antes das operações de verificação do trabalho que, aqui no Brasil, ninguém executa mas que todos deveriam executar.

Além dessas vantagens, a foto-análise permite inúmeras outras acessórias mas, muita vez, tremendamente importantes. A escolha judiciousa dos pontos de apoio é apenas uma destas.

Nas organizações mapeadoras há — e isso é, mesmo necessário — uma acentuada tendência para a rotina. Todos sabem que da rotina ao descuido o espaço não é grande. Quando se usa o planejamento do apoio de campo antes da foto-interpretação é comum a ocorrência de descuidos tremendamente prejudiciais. É que em tais casos o apoio deve ser projetado após uma acurada inspeção estereoscópica do terreno. Essa operação, por ser acurada, é muito sensível a pequenas falhas. Essas falhas, infelizmente, nem são pequenas nem pouco usuais. Resultado: uma grande incidência de verdadeiros impasses na operação de medição.

Pertencem à nossa própria experiência pessoal diversos casos em que uma escolha pouco acurada das zonas (e, às vezes essas “zonas” são limitadas a uma alternativa entre dois pontos) de apoio encareceu, dificultou, e prejudicou a medição.

Todos esses inconvenientes são evitados quando se tem “a priori” a interpretação do terreno. Quando se pode, em rápida análise, conhecer da sua transitabilidade, das condições de inter-visibilidade, da existência e natureza dos detalhes.

A foto-interpretação tem hoje vastíssima aplicação. Em muitos cam-

pos transcende mesmo as possibilidades da fotogrametria. Em nenhum campo, porém, ela é tão radicalmente necessária e tão altamente rendosa como no aero-levantamento. A não compreensão desse fato essencial tem diminuído, e por certo o fará por muito tempo ainda, o rendimento de muitas organizações mapeadoras, até mesmo de algumas modelares sob outros aspectos.

7.^a Seção — O APÓIO TERRESTRE

1 — GÊNESE DO PROBLEMA

Quando tratamos da restituição foi-nos dado verificar as condições geométricas necessárias à solução daquele problema. Vimos então a importância do papel exercido pelo conhecimento da exata posição espacial dos chamados “pontos de apoio”. Essa posição espacial é sempre dada pelas três coordenadas do ponto (x, y, z) , duas que determinam a posição da sua projeção num plano de referência (x, y) e uma determinante da posição do plano paralelo a esse plano de referência e que contém o ponto em questão (z) . Daí chamarmos às duas primeiras “coordenadas planas” ou “planimétricas” e à última “coordenada altimétrica” ou “altitude”.

A medição dessas coordenadas constitui a operação chamada “apoio terrestre” da qual ora trataremos.

Já foi mostrado, também, que dadas as dificuldades e o elevado preço dessa operação, todo o desenvolvimento técnico moderno é no sentido de reduzir ao mínimo sua necessidade pela diminuição do número de pontos de apoio a medir.

É fácil, portanto, a verificação de que a cada nova redução do número de pontos levantados mais delicada e mais crítica vai ficando a operação.

Daí a importância crescente que o apoio terrestre vai tendo no quadro do aero-levantamento e o extraordinário progresso que sua técnica sofreu nas duas últimas décadas, progresso do qual — infelizmente — nosso país pode ser considerado ausente.

2 — GENERALIDADES

Raramente um aparelho restituidor consegue cobrir um levantamento numa só operação. Quando existe mais de uma faixa, isso é evidente, pois que cada aparelho trabalha, de cada vez, fotos de uma mesma faixa. Mas ainda quando se trata de uma única faixa ocorre geralmente ser esta

tão extensa que a propagação dos erros desaconselhe a elaboração de toda a faixa de uma só vez. Deverá ela ser “partida” em dois ou mais “blocos” que constituirão, cada um de per-si, uma unidade de trabalho e, em consequência, de apoio.

Por isso frisamos, ao tratarmos do planejamento, a necessidade de ter-se muito critério na estruturação da operação de restituição a fim de evitar-se trabalho desnecessário no apoio.

Recordemos ainda dois fatos essenciais relativos à restituição. Em primeiro lugar ela é uma operação conduzida por aproximações sucessivas. Assim é que numa operação utilizamos a escala “aproximada” dada pelo vôo e as altitudes “corretas” dadas pelo “apoio” para obtermos a horizontalidade do plano de referência das altitudes, e, numa outra operação utilizamos as coordenadas planas “corretas” dadas pelo apoio para a colocação do modelo em “escala”. Os dados fornecidos pelo apoio são, portanto, utilizados **separadamente** e podem, também, ser medidos separadamente.

Ainda mais, a escala da restituição é, geralmente, maior que a do vôo ou da publicação (escala final) sendo muito mais sensível à precisão das medidas. As tolerâncias da medição de campo devem, portanto, ser calculadas em função da escala da restituição e da sensibilidade do aparelho restituidor.

Não podemos deixar de considerar nestas preliminarês alguns fatos relacionados ao próprio apoio de campo, à operação em si.

O único meio de realizá-lo — pelo menos no atual estado do conhecimento especializado — é por operações geodésicas e topográficas. Essas operações só podem ser realizadas sobre o terreno, ao ar livre, estando por isso sujeitas às dificuldades apresentadas pelo próprio terreno e pelas condições atmosféricas ambientes.

A realização das operações exige o deslocamento das equipes encarregadas para a região do trabalho, além da sua manutenção ali enquanto durar o trabalho, sempre em condições de operar.

3 — MÉTODOS DE MEDIÇÃO

A importância do problema exige a compreensão das diferentes alternativas de solução possíveis. Evidentemente dentro da diretriz que nos impusemos não cabe um tratamento minucioso e detalhado dessas alternativas. Não podemos, contudo, deixar de apresentar as idéias mais gerais a respeito de cada uma delas, sempre no sentido de dar aos leitores uma compreensão geral tão exata quanto possível da questão.

a) **Métodos de levantamento planimétrico** — para a determinação planimétrica de um ponto dispomos de diferentes métodos, todos oriundos da Geometria Analítica. De uma maneira geral reconhecemos: Triangulações, interseções e poligonais.

TRIANGULAÇÃO — É o método mais preciso até hoje imaginado para a obtenção da posição plana de um ponto. É, em essência, constituído pela solução de sucessivos triângulos dos quais conhecemos um certo número de elementos e nos dispomos a calcular outros. Os triângulos são obrigatoriamente adjacentes, ou seja, têm um lado comum com o anterior e o subsequente. Os elementos conhecidos são obtidos por medição direta e os outros são calculados a partir da geometria. Dois processos estão atualmente em uso: um em que se mede um lado (base) diretamente e, em seguida todos os ângulos da figura (triangulação normal) e outro em que só são medidos diretamente os lados da figura e a orientação de dois deles (tri-lateração). O primeiro processo é mais apropriado ao caso comum do apoio ao aero-levantamento e o outro mais útil na solução de alguns problemas geodésicos mais complicados, nos quais o primeiro não seja operacional ou seja mesmo impossível de executar. Por esta razão encararemos mais de perto o primeiro.

As triangulações são, usualmente, divididas em ordens segundo um critério decrescente de precisão ou (o que é o mesmo) crescente de tolerância.

Assim, teremos triangulações de 1.^a ordem (alta precisão ou pouca tolerância), de 2.^a ordem (menor precisão ou mais tolerância que a anterior) etc. Damos anexo um quadro (Quadro 1) explicativo dessa classificação onde é possível comparar os aspectos de precisão e dificuldade desse trabalho. Esse quadro está feito segundo os critérios da D.S.G., sem dúvida os mais práticos em uso no país.

As triangulações de primeira ordem, pela grande dificuldade que oferece o trabalho de medição e pelo seu preço elevado, são empregadas apenas no esqueletamento do apoio de serviços de grandes dimensões, em geral mais de 500 Km. No caso do D.N.O.C.S., por exemplo, apenas excepcionalmente seria empregada uma triangulação dessa ordem.

O cálculo das triangulações de primeira ordem — como o das de segunda ordem também — é conduzido pelo método dos mínimos quadrados, processo das direções.

As triangulações de segunda ordem, também de grande precisão, são de utilização restrita ao esqueletamento do apoio, sempre que o tamanho do serviço o justifique. São triangulações de ótimas características para a cobertura de largas áreas com malhas de grandes dimensões (de 15

QUADRO 1

TRIANGULAÇÕES

Ordem	Direção			Triângulo		Bases			Coeficiente de rigidez	
	Pêso	número de		fechamentos		erro de medida	erro total	controle	entre duas bases	Para o melhor transporte
		séries	pontarias	médio	máximo					
Primeira*	24	12	24	1"	3"	1 1000000	1 200000	1 25000	110	15 a 25
Segunda	12	6	12	3"	6"	1 500000	1 150000	1 10000	130	25 a 40
Terceira	6	3	6	6"	9"	1 250000	1 75000	1 5000	175	25 a 50
Quarta**	4	2	4	9"	12"	1 150000	1 50000	1 —	—	25 a 50

* — Nas triangulações de 1.ª ordem a medição é feita pelo método de Schreiber.

** — Extrapolação realizada para as triangulações topográficas de aplicação restrita.

Km a 20 Km entre vértices). Os dois tipos dados, de elevada precisão, devem, por seu preço e sua morosidade, serem empregados com a mais judiciosa parcimônia.

Nas organizações não empenhadas em mapeamento sistemático e contínuo os melhores resultados são obtidos com uma cobertura muito esparsa de segunda ordem, sua densificação com terceira ordem e o preenchimento dos vazios com quarta ordem ou um método diferente da triangulação (interseção ou poligonais).

Não encerraremos essa rápida apreciação das triangulações sem uma rápida notícia sobre os pontos astronômicos.

Para permitir a “amarrção” das triangulações à superfície da terra as coordenadas dos pontos de partida (um dos extremos da base) são medidas por meio da Astronomia. As determinações astronômicas são feitas em coordenadas geográficas — latitude e longitude — e sua precisão é “amarrada” em termos do erro médio da determinação. Para as determinações de alta precisão adota-se a tolerância de $\pm 0",1$ o que corresponde a uma incerteza de ± 3 m. Isso pode sugerir que tais determinações possam ser empregadas com vantagem no apoio dos aero-levantamentos. Isso realmente ocorre, mas não com a facilidade que aparenta. É que as determinações padecem de uma incerteza que pode, nas piores condições, atingir 1', chamada “desvio da vertical”. Essa incerteza exige um grande afastamento entre os pontos astronômicos que, muitas vezes, excede de muito às dimensões da área a levantar. Devemos, todavia, não esquecer essa possibilidade, especialmente em presença de certos artifícios que referiremos no devido tempo.

INTERSEÇÃO — Quando os elementos medidos da figura são apenas os estritamente necessários à sua resolução dizemos que o problema é de interseção. Em um triângulo, por exemplo, quando só temos um lado e os dois ângulos que lhe são adjacentes, podemos resolver a figura e obter as coordenadas do vértice oposto ao lado conhecido; é o clássico problema da interseção a-vante.

Ocorre que em tais casos obtemos a solução mas não podemos controlá-la a não ser em outra operação. As interseções são de três tipos: quando o ponto a determinar é visado mas não ocupado temos as interseções a-vante, quando o ponto desconhecido é ocupado mas não é visado temos a interseção a-ré e, quando esse ponto é ocupado e visado executamos a interseção lateral. Há, entre as interseções, alguns outros tipos, geralmente combinações dos anteriores, chamados de interseções combinadas e que são de grande utilidade na prática.

As interseções — quando criteriosamente executadas — podemos atribuir a precisão das triangulações topográficas (4.^a ordem).

Seu rendimento, entretanto, é muitíssimo maior. Especialmente no caso da interseção a-ré que pode sempre ser executada muito próxima ao local desejado, quando não exatamente sôbre ele. Essa extraordinária possibilidade permite reduzir muito a necessidade do trabalho de triangulação de qualquer ordem.

O emprêgo judicioso das interseções implica sempre em assegurar seu melhor contrôle, para o que se recomenda a observação das a-vante e lateral com a ocupação de três pontos distintos e as a-ré sempre com cinco raios, ou seja, visadas para cinco pontos distintos. Deve-se, também ter o cuidado de fazer tôdas as observações entrarem no cálculo.

POLIGONAIS — Chamamos poligonal à determinação sucessiva das coordenadas dos vértices de uma linha poligonal entre dois pontos de coordenadas conhecidas. Dessa linha medimos as inflexões (ângulos) e as distâncias (lados) além das suas orientações inicial e final. É um problema de transportes de coordenadas sucessivas, donde os seus defeitos.

Tratando-se de uma operação sucessiva os erros são acumulados, de tal modo que a propagação dos mesmos faz a precisão decair rapidamente à medida que o percurso se alonga e as operações se multiplicam.

A medição dos lados pode ser feita por diversos processos: medição estadimétrica, medição direta a trena de aço ou invar e medição eletrônica, são os mais comuns. Este último tomou grande impulso com o aparecimento de um instrumento, extraordinariamente portátil e preciso, chamado **TELURÔMETRO**.

Cada um desses métodos de medição tem uma certa precisão que incide diretamente sôbre a precisão total da operação.

O quadro abaixo dá uma idéia das precisões de tais medições.

Medição de distâncias

Processo	Erro relativo	Tolerância estimada para uma poligonal
Mira vertical comum	1:350	2m/km
Mira horizontal precisão	1:1000	1m/km
Trena de aço	1:10000	0.1m/km
Telurômetro distância até 1000m	1:10000	0.1m/km
de 1000 a 5000m	1:20000	5cm/km
de 5000 a 10000m	1:100000	1cm/km
de 10000 a 20000m	1:200000	5mm/km

Outro aspecto a ressaltar é o da medição dos ângulos, cuja precisão também vai ter larga repercussão na precisão final dos resultados.

Uma poligonal taqueométrica comum comporta a medição das inflexões com instrumentos de um minuto sexagesimal de aproximação.

Não seria razoável a adoção de instrumento mais preciso porque inúmeras causas mantêm a medição nessa ordem de precisão. Entre essas causas podemos enumerar os erros de centragem, a inclinação e a largura da balisa e, em especial, os lances muito curtos.

Quando se adota a medição direta das distâncias essa aproximação desce para cerca de 10", pois, nesses casos, deve-se empregar um método compatível com a medição das distâncias. É o caso, por exemplo, da utilização do método dos três tripés.

Quando, finalmente, utiliza-se a medição eletrônica sobre poligonais de grandes lados, é razoável o emprêgo não só de uma sinalização mais eficiente mas, também, de um teodolito de aproximação da ordem de 1" e de métodos de medição rigorosos. Só assim atingiremos uma precisão de medida compatível com a obtida na medição das distâncias.

Essas simples considerações já permitem uma visualização do que é lícito esperar do método. Uma combinação razoável, por exemplo, estaria na medição de poligonais de alta-precisão apoiadas em pontos astronômicos convenientemente dispostos.

No outro extremo vamos encontrar as poligonais taqueométricas, de grande rendimento mas de delicada aplicação quanto à precisão. Vê-se que tudo se resume afinal numa questão de cuidado e discernimento.

4 — MEDIÇÃO ALTIMÉTRICA

A medição vertical também dispõe de tantos meios quanto a medição planimétrica. De um modo geral reconhecemos quatro processos, ditos de nivelamento: geométrico, trigonométrico, barométrico e eletrônico.

Nivelamento geométrico — extraordinariamente simples, de grande rendimento e altíssima precisão, baseia-se na medição direta dos desníveis em miras de material invar. Para se ter uma idéia da precisão da operação basta dizer que a Associação de Geodésia da União Geodésica e Geofísica Internacional prescreve que no nivelamento geométrico de alta-precisão o erro total, segundo J. Vignal, não ultrapasse dois milímetros por quilômetro!

Sobre seu rendimento podemos dizer que uma boa equipe nivela com relativa facilidade dois quilômetros por dia, em média. Considerando-se

apenas o nivelamento de precisão (erro menor que 6 mm/km) esse rendimento sobe para quatro quilômetros diários.

Nivelamento trigonométrico — baseado na definição trigonométrica da tangente de um arco, o nivelamento trigonométrico exige apenas o conhecimento da distância entre o ponto cuja altitude se quer e um ponto de altitude conhecida, além da distância zenital de um deles visto do outro. Embora perca muito em precisão — seu erro provável conta-se, no geral, por decímetro — é de alto rendimento, especialmente pela possibilidade de ser empregado simultaneamente com qualquer medição planimétrica sem grande aumento de trabalho.

Apenas não se recomenda seu emprêgo com a medição de triangulações de lados muito grandes (maiores que 10 Km) pois as incertezas devidas à refração atmosférica podem, então, assumir valores desmesurados e incompatíveis com a precisão esperável.

Nivelamento barométrico — baseado no conhecido fenômeno da existência de uma relação entre a diferença de pressões entre dois pontos e a respectiva diferença de altitude foi criado um método de nivelamento que, embora de emprêgo limitado, possui um rendimento extraordinário. Originariamente a sua precisão andava à volta de ± 5 m, mas modernos aperfeiçoamentos têm melhorado de tal modo os seus resultados que é hoje lícito dizê-lo da ordem de ± 1 m. Isso tornou o método particularmente importante para o apoio de trabalhos onde a escala de restituição seja inferior a 1:10000. Sua utilidade é, também, altamente proveitosa nos trabalhos em regiões pouco conhecidas e em reconhecimentos.

Nivelamento eletrônico — o aperfeiçoamento constante que têm sofrido, nos últimos anos, os meios eletrônicos de medição e em especial o radar, permitiu o aparecimento de um novo aparelho capaz de determinar com a precisão de ± 3 m a distância de um avião em vôo ao solo. É o chamado "Airborne Profile Recorder" (A.P.R.) que, em essência, é um radar dirigido do avião para o solo.

Ainda outros métodos poderiam ser citados mas não o fazemos por tratar-se, quase sempre, de soluções de momento, de rara aplicação e, além do mais, de combinações mais ou menos engenhosas de um ou mais dos métodos citados.

Como se vê, a variedade dos métodos de medição altimétrica não é menor que a apresentada pela medição horizontal. Resulta daí que as soluções para um problema específico de apoio ao aero-levantamento são tão variadas quanto o necessário.

O problema é, assim, encontrar a melhor solução dentro das especificações do problema. “Amarradas” as especificações podemos sempre selecionar uma solução bastante satisfatória.

5 — COLOCAÇÃO DO PROBLEMA

A primeira determinante do problema do apoio é, como se viu, a restituição. A escala de restituição vai dizer, diretamente, a precisão do apoio. Sempre no sentido prático de “quanto se pode errar?” ao invés da definição acadêmica de “métodos com tal ou qual precisão”. De um modo geral, nessa determinação de precisão limitam-se mais às soluções do problema planimétrico que é o mais delicado para o restituidor. Isso não permite, porém, que o homem da medição do apoio transgrida as prescrições estabelecidas, nem planimétricas nem altimétricas.

Até pelo contrário, êle deve procurar sempre deixar uma margem de tolerância, não atingindo os limites prescritos senão quando absolutamente inevitável e sem fazer regra disso.

O planejamento da restituição vai determinar, ainda, as zonas onde deve ser fornecido o apoio numa fixação que deve ser seguida pelos medidores tão longe quanto possível.

Depois disso são as questões práticas de economia e disponibilidade em meios e pessoal o que conta além, naturalmente, das limitações de prazo que, como já foi frizado, devem ser respeitadas com o máximo rigor possível.

A solução, como se vê, é específica para cada caso, a menos que se trate de organizações destinadas a um mapeamento sistemático, quando então a economia representada pela “produção em série” justifica a aplicação de certas linhas uniformes — quase rotineiras — de solução.

Não seria útil, por isso, a apresentação de uma ou mais “soluções gerais”, pois não encontraríamos na prática muitas oportunidades de aplicação das mesmas. Isso não inibe, porém, a apresentação de algumas lembranças práticas que podem manifestar-se muito úteis na apreciação de qualquer problema particular. Vejamos algumas dessas regras.

1.º — Procurar sempre informar-se sobre serviços já realizados por outras organizações — especialmente estatais — e que possam ser úteis à solução em vista. Consultas periódicas ao C.N.G., à D.S.G., ao D.P.R.C., à S.B.C., etc., não muito proveitosas dêse ponto de vista.

2.º — Assegurar sempre ligação com serviços anteriores executados nas proximidades. Isso, além de dar continuidade à produção, pode ser muito útil na própria economia do apoio.

3.º — Assegurar o máximo de meios de locomoção às equipes de campo. A mobilidade do operador é a chave da sua produção. E a relação entre a produção e a mobilidade é pelo menos geométrica.

4.º — Manter sempre alto padrão técnico das equipes de medição. Poucas equipes bem capacitadas produzem sempre muito mais que muitas equipes de menor capacidade. A economia resultante chega a ser visível, quando não alarmante.

5.º — Manter o equipamento estritamente necessário, com um máximo de 10% de reserva sôbre o previsto. Sobretudo mantê-lo sempre nas condições de manutenção e operação. Vale lembrar que tais equipamentos representam sempre um alto investimento que deve ser muito criterioso e bem dosado para poder dar um rendimento compatível com o capital empregado.

6.º — Manter, sempre que possível, equipamento flexível, do tipo dito universal, reduzindo ao mínimo possível o equipamento mais especializado.

7.º — Assegurar, ao máximo possível, continuidade de operação. Quando falte serviço à organização é preferível alugar serviços e equipamentos a mantê-los parados. Desde que se trabalhe com critério para evitar comprometer a própria operação.

8.º — Fiscalizar tão continuamente quanto possível as operações. Especialmente quando muito afastadas e difíceis. Essa fiscalização permite um eficiente apoio ao pessoal de campo ao mesmo tempo que contorna certos conflitos naturais em tais trabalhos.

9.º — Evitar ao máximo fiscalização burocrática. Conhecemos organizações em que se perdem dias de trabalho apenas para satisfação às exigências burocráticas.

10.º — Acompanhar de perto os gastos e as reposições. Fazer sempre o levantamento dos preços de custo das obras.

11.º — Providenciar, ao fim de cada obra, um relatório dos executantes. Estimulá-los a apresentar nessas ocasiões as falhas que tenham encontrado no desenvolvimento do trabalho. Além de fornecer uma oportunidade de desabafo frontal isso permite a melhora progressiva do serviço e estimula o operador por fazê-lo sempre co-responsável nas providências da chefia. Ele, pelo menos, há de pensar assim!

Muitas outras providências desse tipo poderiam ser lembradas, mas, nesse particular a prática de cada um é, manifestamente, um mais avisado conselheiro.

De qualquer modo, cremos ter deixado aqui uma idéia do que seja o apoio de campo e acreditamos que estas linhas despretenciosas serão boa ajuda aos que um dia enfrentem o problema.

8.^a Seção — COMPOSIÇÃO

Terminada a restituição e feita a revisão dos desenhos obtidos, como geralmente um só não cobre tôda a área do levantamento, é, necessária a reunião dêsses desenhos num só, definitivo, na escala em que se contratou o levantamento. Como, geralmente, esta última é bem menor que a da restituição essa operação não é difícil. Chamâmo-la **composição**.

É muito difícil que as fôlhas restituídas, por muito trabalhadas, apresentem um aspecto plástico pelo menos razoável. Também não é prático que elas sirvam à reprodução de um regular número de cópias. Daí aproveitarmos essa operação para a obtenção de um "original" que, com um desenho mais puro, mais agradável, permita essa reprodução.

Para obtermos proveito da redução que forçadamente se vai executar e economizar o material mais caro — filmes, no caso — deve-se providenciar a melhoria do desenho "antes" da composição.

Um bom sistema é, no caso, a colagem, que torna uma operação banal e realizável por qualquer um a maior massa do desenho. Além disso é muito mais rendosa e menos cara que a manutenção de uma equipe de cartógrafos, especialmente naquelas organizações onde o levantamento é simplesmente um meio.

Em esquema, essa operação consiste na colocação sôbre o desenho da restituição de uma placa de plástico transparente indeformável e copiar nessa fôlha o desenho original. Apenas ao invés de se copiar êsse desenho a mão isso é feito por colagem de fitas transparentes onde estejam impressos os detalhes a reproduzir. Essas fitas já existem no mercado e podem, quando necessário, ser encomendadas a qualquer firma especializada. Geralmente apenas as curvas de nível e a quadriculagem devem ser copiadas a mão, mas ainda assim com vantagem pois qualquer desenhista razoável pode executar tal serviço que, afinal, vai ser reduzido e, dêsse modo, bastante aprimorado.

A composição dessas fôlhas de plástico deve ser feita sem superposição de uma sôbre outra. Quando houver necessidade de superposição devem-se cortar as partes superpostas. Daí a melhor espessura de tais

chapas ser a de 0,3mm, por ser mais fácil de cortar que as outras utilizáveis. A montagem deve ser feita sobre uma superfície lisa e pintada de branco fôsko, a fim de reduzir os reflexos.

Quando se dispõe de redutor fotográfico capaz de receber o tamanho usual de tais montagens elas devem ser realizadas sobre a própria prancheta do redutor.

Em alguns casos é de uso o emprêgo das próprias chapas transparentes para cópias heliográficas. Em tais casos não devem ser usadas máquinas que utilizem calor para evitar a decomposição das colas e, em consequência, a perda do trabalho. Recomenda-se aí, sempre, o emprêgo das tão difundidas prensas solares.

Quando as dimensões do original sejam muito grandes para a prancheta de redutor pode-se realizar a operação dividindo o original em duas, quatro ou mais partes. Quando fôr o quadro focal que não aceite, pode-se realizar o mesmo fracionamento. Há ainda outros recursos que nenhum bom operador de tais aparelhos desconhece.

Para êsse aprimoramento do desenho de que falamos acima e em especial para a seleção de côres para a impressão, existe ainda um moderno processo, já bem difundido entre nós, conhecido por foto-plástico ou plástico-gravura, "plastic-scribing" ou "stabilene" e, provavelmente, por alguns outros neologismos. Seu rendimento é ótimo, sua técnica é aprimorada, seus resultados compensadores. Exige, contudo, pessoal e material especializado donde não ser muito recomendável àqueles que não lhe possam tirar todo o proveito pela falta de volume de trabalho que lhe torne econômico o emprêgo.

BIBLIOGRAFIA

- D. Jacobs — Manual of Optical Engineering — Ed. 1942.
F.W.Sears — Física — Ed. GERTUM Carneiro.
Manual of Photogrammetry — Obra citada.
The Twinplex — David K. Scott — in Photogrammetric Engineering — vol. XX n.º 5.
Subsídio para a solução do problema da estereotriangulação analítica — Gen. Arcoverde — in Anuário da D.S.G./1959.
Aparelhagem Multiplex para Confecção de Cartas — Manual Técnico — T 34-244 do Ministério da Guerra.
Fotogrametria — Kurt Rube — Ed. Gustavo Gill, Barcelona — 1943.
Réambulação de fotografias aéreas — Ten-cel. Acrísio Faria de Azevedo — Ed. D.S.G. — 1954.
Determinação de pontos de apóio para restituição no Estereógrafo — Idem.
Interpretação da Geologia Militar — Ge. Admar Oliveira e Cruz — Anuário D.S.G. — n.º 4.
Interpretação da vegetação — Idem, idem, n.º 5.
Photogrammetric Engineering — Volume XXIV — n.º 4 (diversos).
The Canadian Surveyor — Volume XIII — n.º 12 (diversos).

AÇUDE PÚBLICO ORÓS —
POTÊNCIA A INSTALAR

ÇAÚDE PÚBLICO ORÓS — POTÊNCIA A INSTALAR

Joaquim Guedes Corrêa Gondim (*)
Eng.º Civil e Sanitarista

I — INTRODUÇÃO

Antes de apresentarmos nossas conclusões sobre a potência hidroelétrica a instalar no Açude Público Orós, teremos que estabelecer *a priori* as cotas prováveis de operação do citado açude, fazendo antes um resumo dos estudos hidrológicos realizados pela firma **Hidroservice — Serviços Técnicos de Hidrologia, Hidrografia e Hidráulica Ltda.** A citada firma, em trabalho elaborado de acordo com contrato firmado com o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas sobre a hidrologia do rio Jaguaribe e orientado no sentido do aproveitamento do Açude Orós, faz diversas considerações e apresenta valores sobre as disponibilidades d'água e possibilidades de sua utilização, inclusive na produção de energia elétrica (Capítulo III — Possibilidade de Utilização do Reservatório de Orós), assunto sobre o qual versa o presente trabalho.

II — ALTERNATIVAS DE OPERAÇÃO

Foram considerados dois tipos de demanda dentre as alternativas de operação para o Açude Orós:

- a) — Demanda a descarga contínua — Descargas médias mensais iguais;
- b) — Demanda variável durante o ano.

(*) Diretor da Diretoria de Planejamento, Estudos e Projetos do DNOCS (DPEP-Recife).

III — POSSIBILIDADES DE REGULARIZAÇÃO E APROVEITAMENTO A DESCARGA CONTÍNUA

Foram apresentadas 18 alternativas, dentre as 39 estudadas, reproduzidas no anexo 1.

Convém sejam destacadas as seguintes cotas representativas do projeto do Açude Público Orós, antes de qualquer conclusão a respeito :

Cota do coroamento	209
Cota da cidade de Iguatu-(máxima lâmina permissível)	207
Cota da soleira atual do sangrador	200
Cota da soleira de montante do túnel de tomada d'água	169
Cota da soleira de montante do túnel Orós-Lima Campos	185

As 18 alternativas apresentadas (ver anexo 1) são baseadas em estar o nível máximo de operação fixado entre as cotas 200 e 207 e o mínimo na cota 182, atingido na alternativa com o nível máximo na 200.

Do exame dessas alternativas verificamos que a que apresenta maior descarga regularizada (12,48 m³/s) é a que adota a variação de nível entre as cotas 207 e 184,20 e a menor (5,50 m³/s) entre as cotas 200 e 190,55.

Se examinarmos, entretanto, o gráfico de variação da descarga regularizada contínua em função do armazenamento da reprêsa, anexo 2, podemos verificar estar a cota máxima de aproveitamento mais indicada em torno da 204, a partir da qual o fator evaporação tem importância capital na determinação da descarga contínua regularizada, de modo a que a obtida na cota 207 seja praticamente a conseguida na 204.

QUADRO 1

Nível máximo Normal de operação	Descarga regularizada contínua	Nível mínimo atingido
Cota 207	10,60	190
	12,20	185
	12,48	184,20
Cota 205	10,45	190
	12,10	185
Cota 204	10,00	190,180
	11,00	188,140
	12,00	185,00
Cota 202	8,00	190
	11,00	185
Cota 200	6,00	190
	7,00	188
	9,15	185

Pelo anexo 2 podemos verificar que praticamente todo o volume acumulado entre as cotas 204 e 207 será absorvido pela evaporação, passando a descarga regularizada apenas de 12,00 m³/s para 12,20 m³/s quando se eleva da 204 a 207 o nível máximo normal de operação da represa, mantendo o nível mínimo na 185.

Se considerarmos, ainda, o desvio da água do açude Orós para o açude Lima Campos pelo túnel Oros-Lima Campos, com cota da soleira de entrada na 185 e descarga máxima prevista de 7,83 m³/s, é, em princípio, recomendável que o nível mínimo da represa não desça além da 190, o que reduz para 10,60 m³/s e 10 m³/s o valor da descarga regularizada para as cotas 207 e 204, respectivamente.

IV — POSSIBILIDADE DE REGULARIZAÇÃO E APROVEITAMENTO A DESCARGA VARIÁVEL

Foi admitido que a principal demanda se encontra nos 6 meses de abril a setembro e que a solicitação seja 70% da anual. Para a hipótese do reservatório na cota 204, com uma descarga média anual de 10 m³/s e com 15,38 m³/s nos 6 meses de abril a setembro e 4,61 m³/s nos 6 meses restantes, a cota mínima atingida foi um pouco mais elevada que a obtida para o padrão de descarga contínua de 10 m³/s, isto é, a 190,450.

V — NÍVEL MÁXIMO DE OPERAÇÃO

Com base no apresentado nos itens anteriores, é de supor que a cota máxima de operação do açude Orós deva ficar aproximadamente na cota 204, em princípio na 204, ficando a mínima a ser fixada de acordo com o aproveitamento do açude a ser programado, até que observações locais venham a indicar alterações dessa cota.

VI — TÚNEL ORÓS-LIMA CAMPOS — VAZÃO A TRANSPORTAR

Este túnel foi construído com a finalidade de desviar as águas do açude Orós para o açude Lima Campos, a fim de aumentar a capacidade de irrigação deste último.

Possui 1.584 metros de extensão, com uma declividade de 0,60 m/Km e seção transversal composta por um retângulo com 2,70 m de base por 2,25 m de altura, completado por um segmento circular de 2,48 m de raio e 0,40 m de flexa. Seria todo revestido de concreto com 0,20 de espessura.

Está previsto funcionar como canal, dando uma descarga de 7,83 m³/s para um tirante de 1,75 m e velocidade média de 1,57 m/s. Sua soleira de entrada acha-se fixada na cota 185,000, obturada por comporta.

A vazão de 7,83 m³/s nos dará um volume de sangria anual de 246.926.880 m³ que, segundo dados da Divisão Agro-Industrial do D.N. O.C.S., daria para irrigar aproximadamente 13.700 Ha de terra à taxa anual de 18.000 m³/Ha. Segundo dados existentes, é de 8.000 a 10.000 Ha a área irrigável do açude Lima Campos.

Considerando, no entanto, que a área levantada agrológicamente pelo Ex-Serviço Agro-Industrial, no total de 863 Ha, apresenta apenas uma parcela de 405 Ha capazes de serem irrigados, representando 46,92% da área total do levantamento agrológico, podemos prever que, de 8.000 a 10.000 Ha de terras passíveis de serem irrigadas, apenas cêrca de 4.000 Ha tenham condições de serem realmente irrigados.

Estes 4.000 Ha à taxa de 18.000 m³/Ha/ano, necessitarão de um volume de água igual a :

$$4.000 \times 18.000 \simeq 70.000.000 \text{ m}^3/\text{ano} = 2,219 \text{ m}^3/\text{s}$$

Considerando, no entanto, que a irrigação será feita em aproximadamente 6 meses do ano, teremos uma descarga média no túnel Orós-Lima Campos de 4,44 m³/s no período irrigatório.

Como, entretanto, o que nos vai interessar para efeito de volume derivável é a descarga média anual de 2,22 m³/s, consideraremos esta como sendo a vazão a deduzir da descarga regularizada que tomaremos, mais adiante, para o Açude Orós.

É bom lembrar que o trecho já construído do canal principal do Açude Lima Campos foi projetado para uma vazão máxima de 6,4 m³/s.

VII — NÍVEL MÍNIMO DE OPERAÇÃO

De acôrdo com o exposto no item anterior e, atendendo ao explanado no item III, será adotada como cota mínima provável de operação a 188,140 que nos dará, para a máxima na 204, uma descarga média regularizada de 11 m³/s.

VIII — DESCARGA MÉDIA REGULARIZADA DISPONÍVEL PARA APROVEITAMENTO HIDROELÉTRICO E IRRIGAÇÃO DO ORÓS

Será tomado para valor da descarga média regularizada a descarga

de 11 m³/s menos a vazão a desviar para o Açude Lima Campos, através do túnel Oros-Lima Campos, já obtida. Teremos :

$$Q = 11 - 2,22 = 8,78$$

$$Q = 8,78 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Esta é a descarga média regularizada a ser aplicada no aproveitamento hidroelétrico e irrigação da bacia do Orós.

IX — ALTURAS DE CARGA

Para facilidade de cálculo e continuidade de raciocínio, destaquemos as seguintes cotas :

Cota máxima normal de operação	204
Cota mínima normal de operação	188
Cota da soleira de montante do túnel de tomada d'água	169
Cota nível canal de fuga das turbinas (prevista)	150

Sendo as cotas 204 e 188 as representativas dos níveis máximo e mínimo normal de operação do reservatório, o que dá uma variação de 16 metros, e sendo $188 - 169 = 19\text{m}$ a diferença de cota entre o nível mínimo de operação e a cota da soleira de entrada do túnel principal, teremos alturas de carga bruta, até a boca de entrada do túnel, variando entre $16 + 19 = 35\text{m}$ e 19m .

Como foi prevista na 150 a cota do canal de fuga das turbinas, teremos, na tubulação do túnel, um desnível de $169 - 150 = 19\text{m}$, que nos dará uma altura de carga geométrica total para as turbinas e para os níveis máximo e mínimo de operação, 54 e 38 metros respectivamente.

Ter-se-á, portanto, para a cota 204, uma altura máxima de carga de 54 m e uma mínima de 38 m.

Ter-se-á, ainda, para a queda bruta média ponderada, o seguinte valor :

$$H = 54 - \frac{1}{3} (204 - 188) = 54 - 5,33 = 48,67 \text{ m}$$

$$H = 48,67 \text{ m}$$

Admitindo-se uma perda de carga no complexo adutor igual a 2 m, todas as cargas já calculadas serão diminuídas dêste valor.

X — POTÊNCIA MÁXIMA DISPONÍVEL

Serão estabelecidas as potências máximas para as alturas já determinadas e para vários fatores da carga, adotando-se 87% e 95% para rendimento da turbina e do gerador, respectivamente. Para cálculo das potências serão usadas as seguintes expressões :

$$P_t = \frac{1000 \times Q \times H}{F_c \times 75} \times \rho$$

$$P_g = P_t \times \mu \times 0,736$$

Sendo :

P = Potência da turbina em C.V.

Q = Descarga em M³/s

H = Altura de carga em metros

F_c = Fator de carga

ρ = Rendimento da turbina

P_g = Potência do gerador em K.W.

μ = Rendimento do gerador

a) Fator de carga médio anual — 100%

Potência máxima no eixo da turbina para o reservatório na cota 204:

$$P_{t1} = \frac{1000 \times 8,78 \times 52}{1 \times 75} \times 0,87 = 5.296,095 \simeq 5.300 \text{ C.V.}$$

Potência máxima para a carga média ponderada :

$$P_{t1} = \frac{1000 \times 5,78 \times 46,67}{1 \times 75} \times 0,87 = 4.753,245 \simeq 4.750 \text{ C.V.}$$

Para o gerador teremos :

$$P_{g1} = 5.300 \times 0,95 \times 0,736 = 3.705,760 \simeq 3.700 \text{ K.W.}$$

$$P_{g2} = 4.750 \times 0,95 \times 0,736 = 3.296,240 \simeq 3.300 \text{ K.W.}$$

b) Fator de carga médio anual — 50%

$$P_{t1} = \frac{1000 \times 8,76 \times 52}{0,5 \times 75} \times 0,87 = 10.592,190 \simeq 10.600 \text{ C.V.}$$

$$P_{t2} = \frac{1000 \times 8,78 \times 46,67}{0,5 \times 75} \times 0,87 = 9.506 \simeq 9.500 \text{ C.V.}$$

$$P_{g1} = 10.600 \times 0,95 \times 0,736 = 7.411,520 \simeq 7.400 \text{ K.W.}$$

$$P_{g2} = 9.500 \times 0,95 \times 0,736 = 6.642,400 \simeq 6.650 \text{ K.W.}$$

c) Fator de carga médio anual — 46%

$$P_{t1} = \frac{1000 \times 8,76 \times 52}{0,46 \times 75} \times 0,87 = 11.513,252 \simeq 11.500 \text{ C.V.}$$

$$P_{t2} = \frac{1000 \times 8,78 \times 46,67}{0,46 \times 75} \times 0,87 = 10.333,139 \simeq 10.350 \text{ C.V.}$$

$$P_{g1} = 11.500 \times 0,95 \times 0,736 = 8.040,800 \simeq 8.000 \text{ K.W.}$$

$$P_{g2} = 10.350 \times 0,95 \times 0,736 = 7.236,720 \simeq 7.250 \text{ K.W.}$$

O Eng.^o Luiz Saboia em estudo realizado para o Açude Público Curremas, achou um fator de carga de 48% para a hidroelétrica lá instalada.

XI — POTÊNCIA A INSTALAR

Selecionando como mais indicada a potência estabelecida para a altura de carga média ponderada e para o fator de carga igual a 46%, e adotando um fator de reserva de 20%, teremos para a potência da turbina a instalar no açude público Orós — segundo as considerações apresentadas nos itens anteriores — o seguinte valor :

$$P = 10.350 \times 1,20 = 12.420,000$$

$$P = 12.500 \text{ C.V.}$$

Esta potência instalada dar-nos-á um fator de capacidade previsto para a usina igual a :

$$F = \frac{4.750}{12.500} = 0,38$$

$$F_c = 38\%$$

XII — CONSIDERAÇÕES FINAIS

O valor da potência determinada (12.500 CV) foi estabelecido considerando o desvio para o açude Lima Campos de uma descarga regularizada de apenas 2,22 m³/s e o fator de carga e de reserva de 46% e 20%, respectivamente.

Acreditamos que não será necessário desviar para o Lima Campos uma descarga maior do que a prevista, tendo em consideração que a futura construção do açude público Castanheiro, sobre o rio Salgado, proporcionará a água necessária à irrigação das terras situadas a jusante desta barragem, liberando aquela que deveria vir do Lima Campos, conforme poderá ser verificado no anexo 3. Ficará o Castanheiro com a finalidade de irrigar as terras a jusante do seu boqueirão e até a sua foz no rio Jaguaribe, onde se unirá às águas do Orós, para irrigar o médio e baixo Jaguaribe. Julgamos seja este o melhor programa de aproveitamento destes três açudes, com a necessidade urgente e imperiosa da construção do açude Castanheiro, para controle das águas do rio Salgado, possibilitando a irrigação das terras do médio e baixo Jaguaribe, sem perigo de serem inundadas pelas águas daquele rio, quando de suas enchentes periódicas.

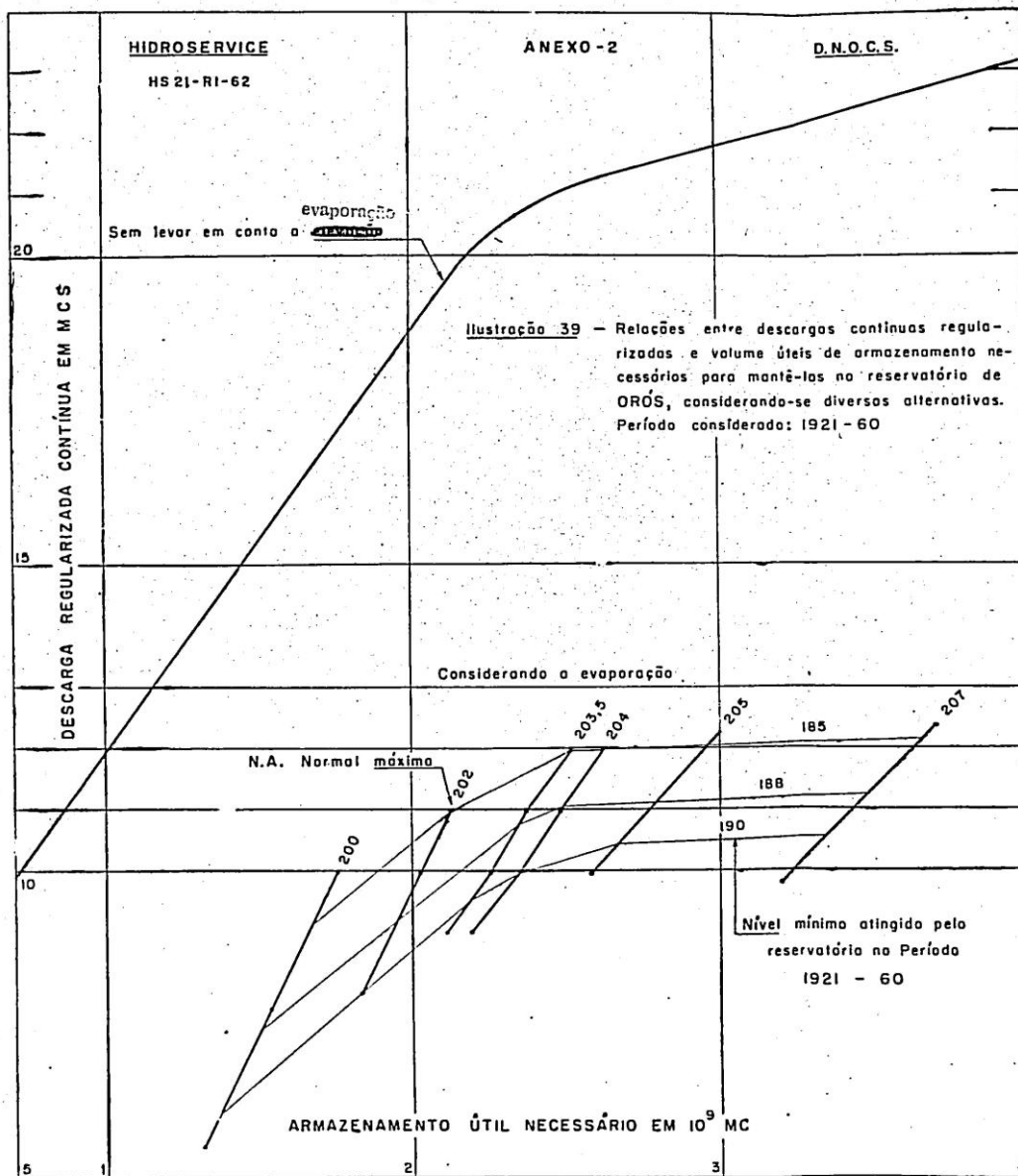
Faz-se necessário frizar, no entanto, que a potência determinada neste trabalho poderá ser modificada para um valor mais elevado, desde que a usina em estudo para o açude público Orós venha a ser projetada para funcionar como usina de apóio ao sistema de Paulo Afonso, ficando prevista a sua entrada em funcionamento apenas algumas horas do dia.

É bom, no entanto, ter-se sempre presente que a principal finalidade do açude Orós é atender as necessidades d'água para irrigação de sua bacia, devendo, como tal, ser colocado acima de todo e qualquer outro aproveitamento.

ANEXO I

RESUMO DE 18 ALTERNATIVAS DE OPERAÇÃO DO RESERVATÓRIO DE
ORÓS A DESCARGA CONTÍNUA

Nível máximo normal de operação	Descarga regularizada contínua m.c.s.	Armazenamento necessário em milhões mc	Nível mínimo atingido
Cota 207,00	12,48	3.720	184,20
	9,85	3.232	191,59
Cota 205,00	12,00	2.972	185,35
	10,00	2.596	190,93
Cota 204,00	11,00	2.499	188,14
	10,00	2.358	190,18
	9,00	2.249	191,36
Cota 203,50	12,00	2.544	185,00
	11,00	2.389	187,72
	10,50	2.329	188,60
	10,00	2.269	189,50
	9,00	2.172	190,70
Cota 202,00	11,00	2.143	185,09
	10,00	2.045	186,86
	8,00	1.847	189,88
Cota 200,00	10,00	1.775	182,65
	8,00	1.580	186,96
	5,50	1.327	190,55





RELATÓRIO DOS TRABALHOS EFETUADOS NA
BARRAGEM DO AÇUDE QUIXABINHA, MUNICÍPIO DE
MAURITI, CEARÁ

RELATÓRIO DOS TRABALHOS EFETUADOS NA BARRAGEM DO AÇUDE QUIXABINHA, MUNICÍPIO DE MAURITI, CEARÁ

Situação do Maciço de Terra

Mário Fabiano de Sousa (*)
Eng.º Civil

Nilton de Almeida Castro (**)
Eng.º Civil

1 — INTRODUÇÃO

Com vistas à conclusão do açude público Quixabinha, foi a Divisão de Pesquisas e Contrôles solicitada a realizar estudos a fim de determinar o estado em que se encontra a parte já construída do maciço, prevendo o seu aproveitamento na elaboração de um novo projeto. Neste sentido foi enviada ao local da barragem uma turma de serviço, composta dos laboratoristas Antônio Silva dos Santos e Benedito José de Aquino, que iria proceder aos trabalhos sob a orientação do engenheiro Mário Fabiano de Sousa.

Os estudos executados constaram essencialmente da abertura de cavas de sondagens (fig. 1) onde se procederam aos ensaios cujos resultados, a seguir, serão apresentados.

2 — CARACTERÍSTICAS DAS TERRAS

2.1 ENSAIOS DE IDENTIFICAÇÃO

Sobre as amostras retiradas de algumas das cavas (o material apre-

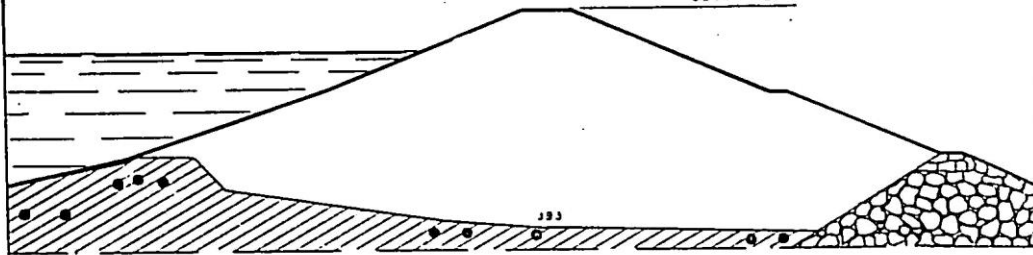
(*) Engenheiro do Laboratório de Solos e Concreto do DNOCS (DPEP-Recife).

(**) Diretor da Divisão de Pesquisas e Contrôles do DNOCS (DPEP-Recife).

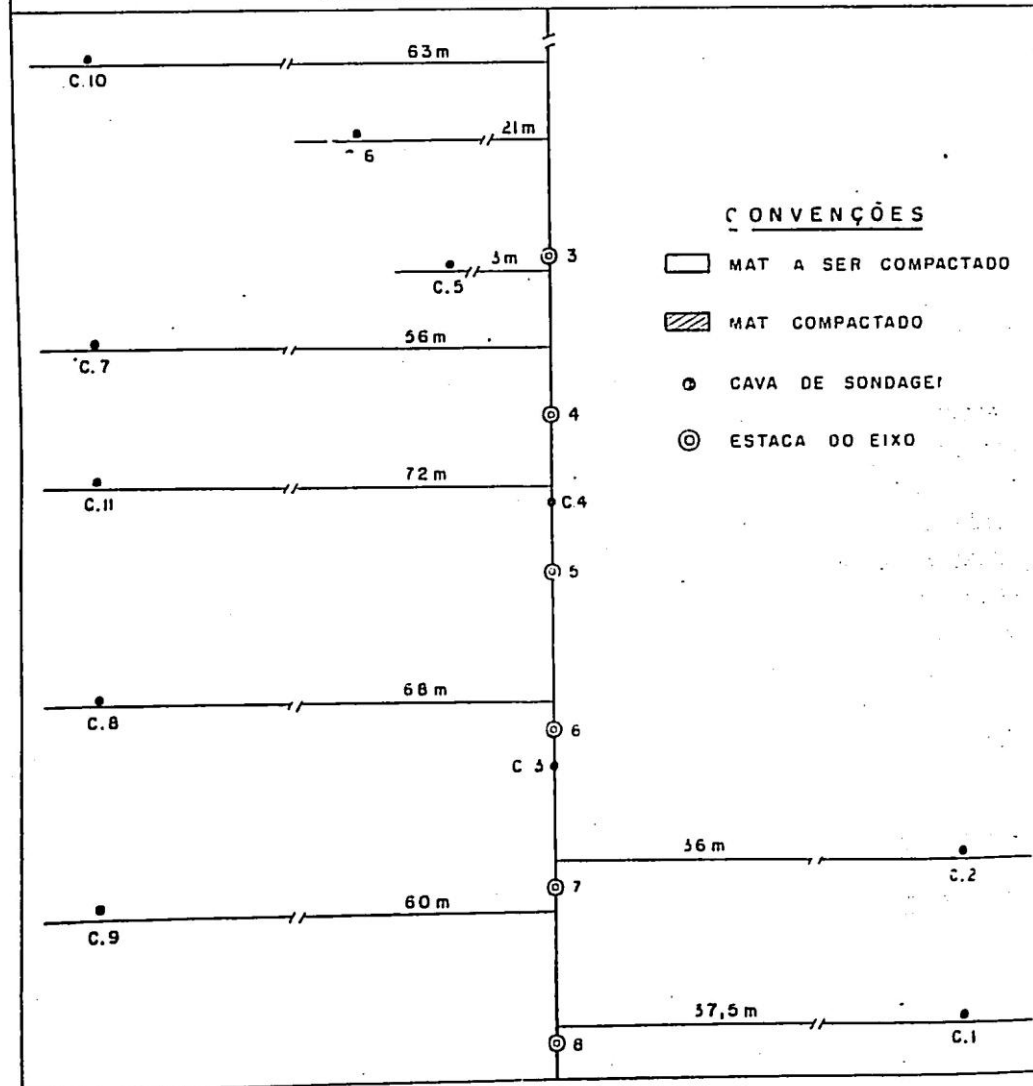
SEÇÃO TIPO

Fig 1

COTA - 421



SITUAÇÃO DAS CAVAS



sentar-se no maciço com bastante homogeneidade) foram feitos ensaios de Compactação Proctor e de Consistência.

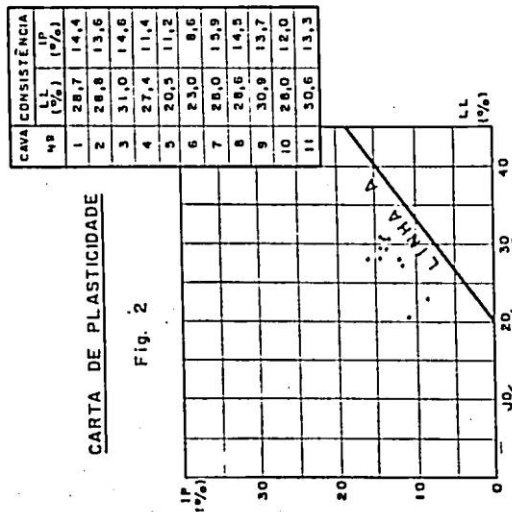
O quadro n.º 1 resume os resultados obtidos.

RESULTADOS DOS ENSAIOS

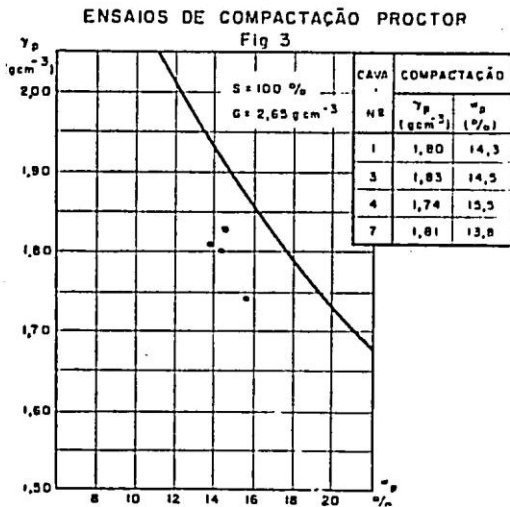
QUADRO - I

Nº DA CAVA	DISTÂNCIA AD EIXO (m)	COTA	PROFUND. (m)	COMPACT PROCTOR		ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA			H I L F			COEF DE PERMEAB $\frac{K}{10^{-8} \text{ cm s}}$
				γ_p (g-cm^{-3})	w_p (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	C (%)	$w-w_f$ (%)	D (%)	
1	37,5	408,25	1	18,00	14,3	28,7	14,3	14,4	103	+ 0,4	103	3,1
2	36	408,75	1,5	—	—	28,8	15,2	13,6	100	+ 0,3	100	2,9
3	0,5	421,00	1,3	18,35	14,5	31,0	16,4	14,6	103	+ 4,2	114	7,5
4	0,5	421,00	1,2	17,42	15,5	27,4	16,0	11,4	100	+ 2,6	105	3,3
5	11,8	417,50	0,7	—	—	28,5	17,3	11,2	91	+ 0,3	88	1,1
6	21	415,75	1,4	—	—	23,0	14,4	8,6	95	+ 0,3	94	17
7	56	403,00	1,2	18,13	13,8	28,0	12,1	15,9	104	+ 4,1	—	20
8	68,5	400,75	1,5	—	—	28,6	14,1	14,5	105	+ 4,2	—	—
9	60	400,99	1,7	—	—	30,9	17,2	13,7	102	+ 3,9	—	—
10	63	399,80	1,4	—	—	28,0	16,0	12,0	102	+ 2,5	—	—
11	72	397,60	1,6	—	—	30,6	17,3	13,3	104	+ 1,7	—	—

2.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS



— os limites de liquidez (L.L) e os índices de plasticidade (I.P) permitiram o traçado de uma carta de plasticidade (fig. 2). Verifica-se que, na sua maioria, o solo é constituído por argilas arenosas de baixa plasticidade, correspondendo ao grupo CL, de acordo com a Classificação Unificada de Solos.



— os resultados dos ensaios de compactação evidenciam a existência de um só tipo de terra (fig. 3), com teores ótimos de umidade em porcentagem variando entre 13,8 e 15,5, e peso específico aparente sêco máximo ($\gamma p.g cm^{-3}$) variando entre 1,74 e 1,83).

3 — CONDIÇÕES DE COLOCAÇÃO

3.1 RESULTADOS OBTIDOS

Os ensaios para a determinação das condições de colocação foram executados de acordo com o “Método Rápido para a Determinação das Condições de Colocação”, preconizado pelo Eng.^o Jack Hilf.

Os pesos específicos aparentes úmidos (ponto 1 do método Hilf) foram determinados pelo “Método da Areia”.

O quadro 1 resume os resultados obtidos.

3.2 ANÁLISE DE RESULTADOS

Da interpretação dos resultados constantes do quadro 1, conclui-se que o material encontra-se devidamente compactado, apresentando Grau de Compactação (C) acima dos 100%. As cavas de sondagens C₇ e C₁₁ apresentaram resultados menores do que 100% quando o mínimo a ser obtido para o tipo de material e a altura da barragem seria de 98% (veja-se quadro de valores recomendados pelo Bureau of Reclamation).

4 — CARACTERÍSTICAS DE ADENSAMENTO E PERMEABILIDADE

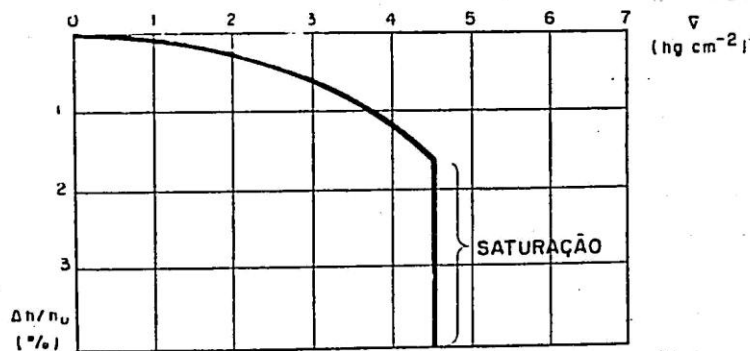
Os ensaios de adensamento e permeabilidade efetuaram-se sobre amostras intactas de 320 cm² de secção e 10 cm de altura. As amostras foram obtidas por cravação de molde. Procurou-se sempre tomar todos os cuidados para que fossem eliminadas as incorreções que poderiam re-

sultar de um contato da amostra contra o maço de madeira, colocado para receber os golpes necessários à penetração do molde.

4.1 ENSAIO DE ADENSAMENTO

As amostras ensaiadas foram sujeitas a determinados escalões de carga, tendentes a avaliar os comportamentos dos solos, de acordo com pressões da mesma ordem de grandeza, a que irão ficar submetidos quando da conclusão da obra. Note-se que para a avaliação das pressões admitiu-se a barragem com o seu coroamento na cota 421.

Esquemáticamente os ensaios decorreram da seguinte maneira:



Para valores de σ da ordem de grandeza a que irão ficar submetidos os solos quando concluída a barragem, procedeu-se à determinação direta da permeabilidade, por medição dos caudais percolados para gradientes hidráulicos que orçavam por 30.

As figuras 4 e 4-A traduzem os resultados obtidos.

4.2 ENSAIO DE PERMEABILIDADE

Os ensaios efetuados resumem-se no quadro seguinte:

Cava n.º	Tensão aplicada (Kg cm ⁻²)	K x 10 ⁻⁸ (cm.S ⁻¹)
1	2,50	3,1
2	2,50	2,9
3	5,00	7,5
4	5,00	3,3
5	4,00	1,1
6	3,00	1,7
7	3,00	2,0

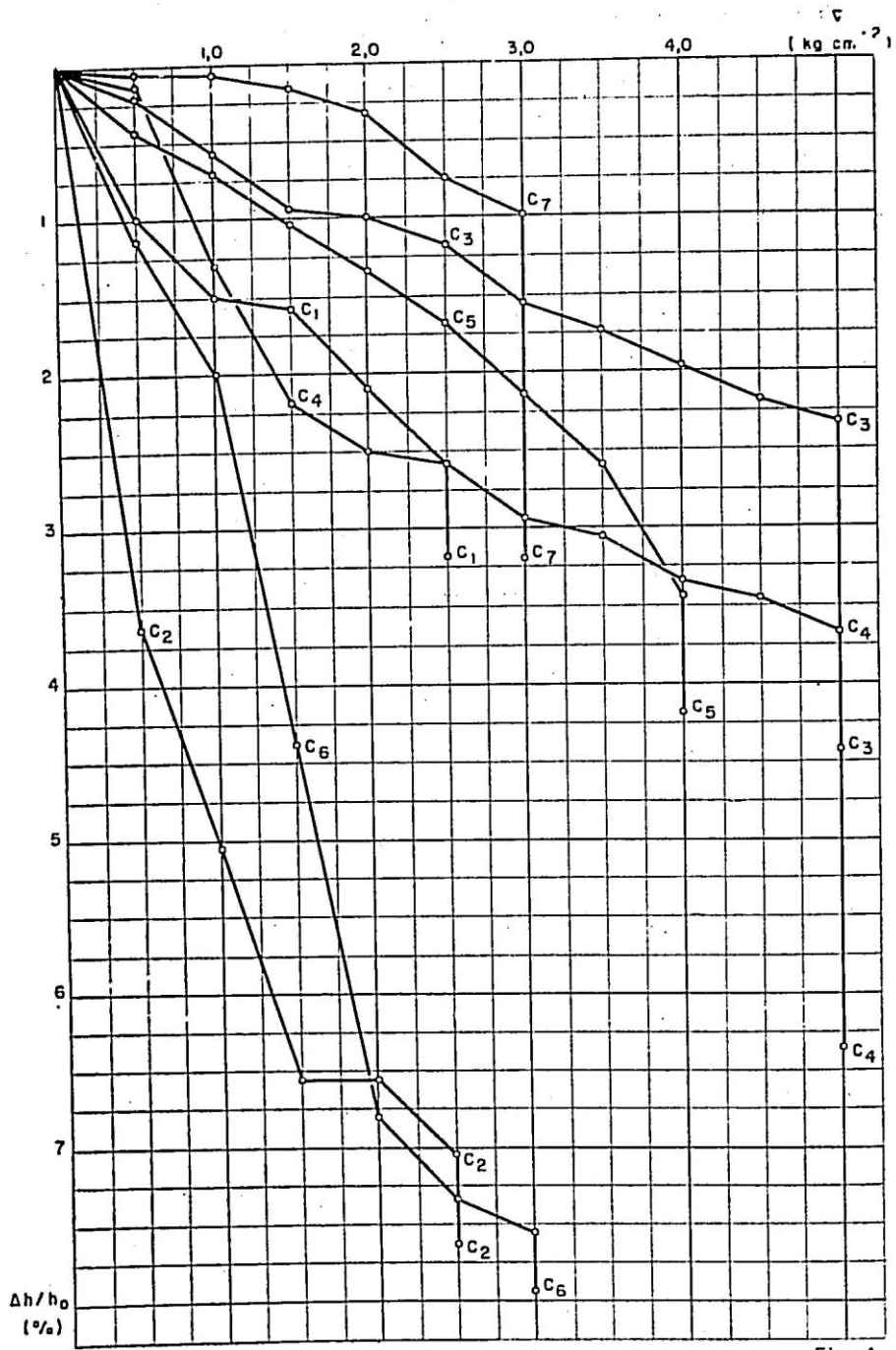


Fig 4

ADENSAMENTO E PERMEABILIDADE

Fig. - 4 A

Nº DA CAVA	NÃO SATURADA		SATURADA		Coefic. Permeab. K 10 ⁻⁹ cm. seg ⁻¹
	∇ (kg.-cm ⁻²)	Δh/h ₀ (%)	∇ (kg.-cm ⁻²)	Δh/h ₀ (%)	
1	0	0			3,1
	0,5	1,03			
	1	1,51			
	1,5	1,60			
	2	2,14			
	2,5	2,61			
		2,5	3,19		
2	0	0			2,9
	0,5	3,64			
	1	5,06			
	1,5	6,60			
	2	6,64			
	2,5	7,05			
		2,5	7,65		
3	0	0			7,5
	0,5	0,19			
	1	0,58			
	1,5	0,94			
	2	1,01			
	2,5	1,23			
	3	1,53			
	3,5	1,73			
	4	1,93			
	4,5	2,10			
	5	2,35			
		5	4,39		
4	0	0			3,3
	0,5	0,15			
	1	1,29			
	1,5	2,10			
	2	2,51			
	2,5	2,61			
	3	2,97			
	3,5	3,09			
	4	3,38			
	4,5	3,47			
5	3,71				
		5	6,36		

Nº DA CAVA	NÃO SATURADA		SATURADA		Coefic. Permeab. K 10 ⁻⁹ cm. seg ⁻¹
	∇ (kg.-cm ⁻²)	Δh/h ₀ (%)	∇ (kg.-cm ⁻²)	Δh/h ₀ (%)	
5	0	0			11
	0,5	0,41			
	1	0,73			
	1,5	1,02			
	2	1,34			
	2,5	1,68			
	3	2,12			
	3,5	2,60			
4	3,45				
		4	4,22		
6	0	0			17
	0,5	1,14			
	1	2			
	1,5	4,41			
	2	6,80			
	2,5	7,34			
3	7,59				
		3	7,93		
7	0	0			20
	0,5	0,03			
	1	0,09			
	1,5	0,18			
	2	0,34			
	2,5	0,76			
3	1				
		3	3,20		

De uma maneira geral, os solos quando compactados apresentam-se impermeáveis, com coeficientes de permeabilidade variando entre $7,5 \times 10^{-8} \text{ cm.s}^{-1}$ e $1,1 \times 10^{-8} \text{ cm.s}^{-1}$.

4.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

De acôrdo com a interpretação dos resultados constantes do quadro n.º 1 e das figuras n.ºs 4 e 4-A verifica-se que, de um modo geral, as amostras ensaiadas, apesar de apresentarem grau de compactação elevado ($C > 100\%$) exibem recalques consideráveis. Tais valores dos recalques, entretanto, são decorrentes em parte da própria natureza dos materiais (argila inorgânica de baixa plasticidade) e também pelo fato de terem sido compactados no ramo sêco da Curva de Compactação Proctor. Em alguns casos (cava n.º 7) o desvio do teor de umidade em relação ao ótimo atingiu o valor de + 4,1%.

5 — CONCLUSÕES

Os estudos efetuados permitem estabelecer as seguintes conclusões:

- o material compactado é uma argila inorgânica de baixa plasticidade, podendo ser utilizado na construção de maciços homogêneos ou em núcleos de barragens zoneadas;
- com exceção das amostras do material das cavas n.ºs 5 e 6 tôdas as demais exibem grau de compactação acima de 98%, valor mínimo a ser exigido para obra de tal vulto;
- os valores dos recalques verificados exigem que o material sobrejacente seja compactado com um teor de umidade capaz de acompanhar os recalques, diminuindo a possibilidade de fendilhamento;
- é recomendável a permanência do material já colocado, devendo entretanto, ser retirado aquêle compreendido entre as cavas n.ºs 5 e 6 (imediações da galeria) até uma profundidade onde o material apresente-se com compactação adequada;
- deve o material colocado ser retirado superficialmente, até porque tal procedimento concorre para melhoria da aderência.

SIMPLIFICAÇÃO DOS CÁLCULOS DE BARRAGENS
E OUTRAS ESTRUTURAS, LEVANDO EM CONTA
AS INCERTEZAS DOS DADOS EXPERIMENTAIS

SIMPLIFICAÇÃO DOS CÁLCULOS DE BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS, LEVANDO EM CONTA AS INCERTEZAS DOS DADOS EXPERIMENTAIS

Homero Lenz César (*)
Eng.º Químico

José Carneiro de Andrade (**)
Eng.º Civil

0 — INTRODUÇÃO

Uma inspeção rápida das fórmulas aplicadas aos cálculos de determinadas estruturas e, em particular, da tensão correspondente a uma barragem cheia e à montante,

$$\sigma_y = \frac{y}{(m+n)^2} \left[\left(\gamma - \frac{\theta \Delta m}{m+n} \right) m(m+n) - (1-\theta) \frac{\Delta}{m} (1-2mn-n^2) - \theta \Delta \right] \quad (1)$$

que aparece no cálculo de barragens (B—1, 2), pelo método de Pigeaud (A), permite ver que pequenas oscilações dos valores experimentais que entram na mesma resultarão em grandes variações das grandezas a serem calculadas.

Para deixar o processo bem claro e livre de quaisquer críticas, supomos arbitrariamente uma variação muito pequena de γ , densidade do concreto, e de Δ , densidade da água represada; isto é, tomamos $\delta \gamma = -0,05$ e $\delta \Delta = 0,01$ e consideramos (ver Fig. 1) que não cometemos quaisquer desvios nos valores de m , n ou θ (evidentemente, a realidade

(*) Eng.º Químico do 1.º Distrito de Obras do DNOCS (Fortaleza), e Professor de Físicoquímica da Escola de Engenharia da Universidade do Ceará.

(**) Engenheiro Civil do 1.º Distrito de Obras do DNOCS (Fortaleza), e Professor Instrutor de Pontes e Grandes Estruturas da Escola de Engenharia da Universidade do Ceará.

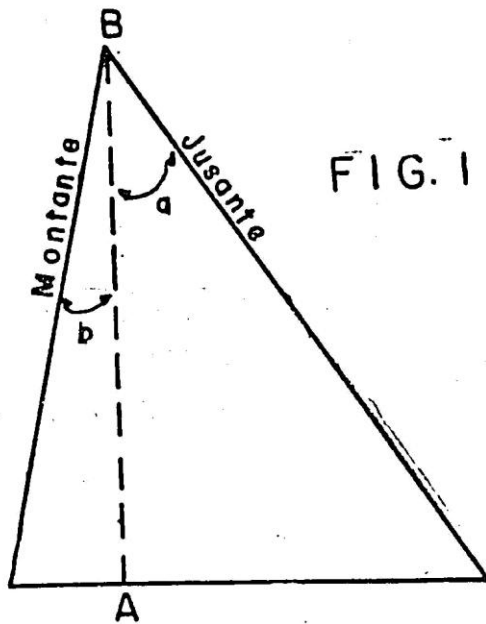


FIG. 1

$$m = \tan a; \quad n = \tan b;$$

$$y = AB$$

é mais drástica do que o que estamos admitindo, pois a literatura (E) admite valores de θ que vão de 0,4 a 1 e registra variações de γ entre 2,2 a 2,5 e de Δ variando de 1 a 1,1 e mesmo, excepcionalmente, até 1,3). Tomamos esse critério arbitrário unicamente para efeito demonstrativo. Assim, cremos, a comparação dos valores calculados pela fórmula (1) entre si, por um lado, e em relação aos valores resultantes dos cálculos simplificados, por outro, permitirá deixar fora de dúvida que, além de judicioso, o método de avaliação que propomos é preferível ao usual, conforme discutiremos mais adiante.

1 — RESULTADOS OBTIDOS COM A FÓRMULA EXTENSA

Por conveniência, vamos reescrever a fórmula (1) do seguinte modo :

$$Y = \frac{\sigma y}{y} = \frac{X}{(m + n)^2} \quad (1')$$

onde

$$X = \left(\gamma - \frac{\theta \Delta m}{m + n} \right) m (m + n) - (1 - \theta) \Delta (1 - 2mn - n^2) - \theta \Delta \quad (2)$$

Com essas duas fórmulas calculamos, do modo usual, os valores que aparecem nas tabelas 1 e 2. Os sem asterisco são os usualmente obtidos; os com asterisco (*), os novos valores que se obtêm tomando $\gamma = 2,15$ e $\Delta = 1,01$, isto é: $\delta \gamma = -0,05$ e $\delta \Delta = 0,01$. Os "δ" indicam os desvios em relação aos valores usuais.

TABELA 1. VALORES DE X CALCULADOS PELA FÓRMULA (2)

m	X	n					
		0	0,015	0,03	0,04	0,05	0,10
0,73	X	- 0,094	- 0,059	- 0,021	0,000	0,024	0,145
	X*	- 0,123	- 0,099	- 0,064	- 0,040	- 0,017	0,102
0,74	X	- 0,069	- 0,034	0,002	0,026	0,051	0,173
	X*	- 0,109	- 0,074	- 0,039	- 0,015	0,009	0,130
0,75	X	- 0,044	- 0,007	0,029	0,054	0,078	0,202
	X*	- 0,085	- 0,049	- 0,013	0,011	0,035	0,157
0,76	X	- 0,018	0,019	0,055	0,080	0,105	0,230
	X*	- 0,060	- 0,024	0,013	0,037	0,061	0,185
0,77	X	0,008	0,045	0,082	0,107	0,132	0,259
	X*	- 0,035	0,002	0,039	0,063	0,088	0,214
0,78	X	0,034	0,072	0,110	0,135	0,160	0,289
	X*	- 0,009	0,028	0,065	0,090	0,115	0,242
0,80	X	0,088	0,127	0,165	0,191	0,217	0,349
	X*	0,043	0,081	0,119	0,145	0,170	0,301

TABELA 2. VALORES DE Y CALCULADOS PELA FÓRMULA (1')

m	Y	n					
		0	0,015	0,03	0,04	0,05	0,10
0,73	Y	- 0,177	- 0,107	- 0,037	0,000	0,039	0,210
	Y*	- 0,249	- 0,178	- 0,110	- 0,068	- 0,028	0,149
	∂Y	0,072	0,071	0,073	0,068	0,067	0,061
0,74	Y	- 0,126	- 0,059	0,004	0,043	0,081	0,245
	Y*	- 0,199	- 0,130	- 0,065	- 0,024	0,014	0,184
	∂Y	0,073	0,071	0,069	0,067	0,067	0,061
0,75	Y	- 0,078	- 0,012	0,048	0,086	0,122	0,279
	Y*	- 0,151	- 0,084	- 0,022	0,017	0,055	0,218
	∂Y	0,073	0,072	0,070	0,069	0,067	0,061
0,76	Y	- 0,031	0,031	0,089	0,125	0,160	0,311
	Y*	- 0,104	- 0,040	0,020	0,058	0,094	0,250
	∂Y	0,073	0,071	0,069	0,067	0,066	0,061
0,77	Y	0,013	0,073	0,128	0,164	0,197	0,343
	Y*	- 0,059	0,003	0,061	0,097	0,131	0,282
	∂Y	0,072	0,070	0,067	0,067	0,066	0,061
0,78	Y	0,056	0,114	0,167	0,201	0,233	0,373
	Y*	- 0,015	0,044	0,100	0,134	0,168	0,313
	∂Y	0,071	0,070	0,067	0,067	0,065	0,060
0,80	Y	0,138	0,191	0,240	0,271	0,301	0,431
	Y*	0,067	0,122	0,173	0,205	0,236	0,371
	∂Y	0,071	0,069	0,067	0,066	0,065	0,060

Com os valores de X construímos o gráfico 1. Como se pode observar, os resultados são retas praticamente paralelas. Para ver que assim podem ser consideradas, fizemos o gráfico 2 levando em conta X e X^* . Para maior clareza colocamos apenas em linhas contínuas os valores para $m = 0,76$ e, em linha tracejada, para efeito de comparação os de X para $m = 0,75$.

Como se pode verificar, a área achuriada indica que quaisquer valores de m compreendidos entre 0,744 e 0,760 são compatíveis com a indeterminação de X . O mesmo poderia ser dito para n num gráfico de X contra m ; todavia, preferimos outro caminho mais prático (ver gráfico 3).

O ponto A sugeriria que para uma barragem de 30m de altura estaria obtendo uma tensão

$$\sigma_y = yY = 30 \times 0,031 \simeq 1 \text{ tcm}^{-2},$$

para $m = 0,76$ e $n = 0,015$. O ponto A^* , no entanto, informa que se existem possibilidades de variações de γ e Δ até de $\delta\gamma = -0,05$ e $\delta\Delta = 0,01$ então, em lugar de uma tensão positiva da ordem de 1 tcm^{-2} , poderemos nos ver diante de uma tensão negativa

$$\sigma_y = -30 \times 0,04 \simeq -1,2 \text{ tcm}^{-2}.$$

Observe-se que deixamos de considerar os desvios de X para mais, que corresponderiam, por exemplo, a valores de $\gamma > 2,20$. Admitimos que $\gamma = 2,20$ seja um limite superior da densidade do concreto. Tal não se dá, na realidade; medimos que a densidade de um dos corpos de prova existentes no Gabinete de Materiais de Construção da Escola de Engenharia(*) era maior do que 2,30.

A hipótese, portanto, de $\delta\gamma = 0,05$ é muito modesta.

2 — FÓRMULAS SIMPLIFICADAS

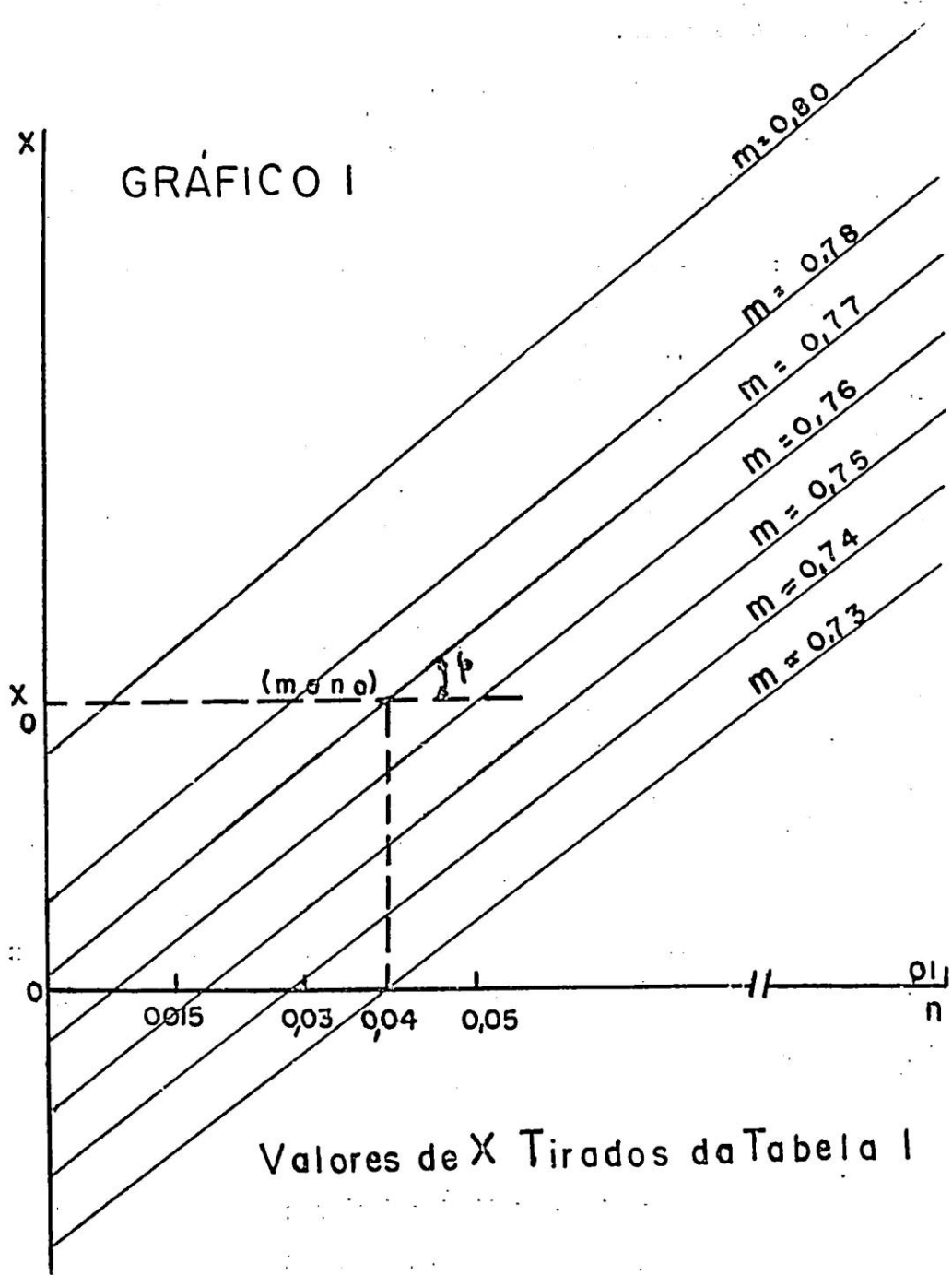
A análise dos gráficos 1 e 2 autoriza-nos a considerar como razoável a fórmula

$$X(m,n) = 2,50 n + 2,77 m - 2,12, \quad (3)$$

deduzida do gráfico 1; onde:

- (a) 2,50 é um valor médio da $\ln \varrho$; e
- (b) 2,77, também valores médios do mesmo gráfico, que, num grá-

(*) Da Universidade do Ceará.



Valores de X Tirados da Tabela I

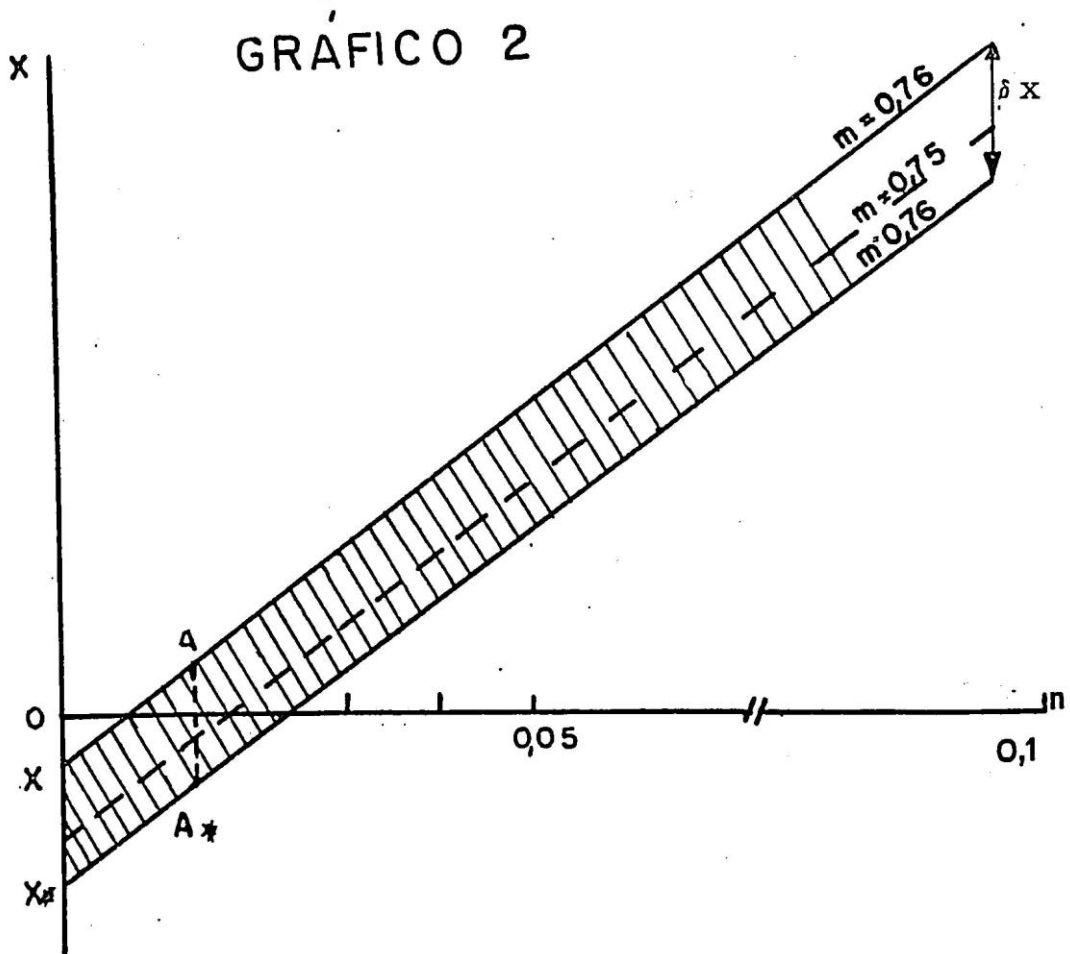
fico de X contra m , corresponderia à tangente do ângulo ψ que as retas fariam com o eixo dos m .

O aspecto geral dessa fórmula seria :

$$X(m,n) = (n-n_0) \operatorname{tg} \varphi + (m-m_0) \operatorname{tg} \psi \quad (3')$$

Y , a tensão por unidade de altura da barragem, será fornecida por

$$Y(m,n) = \frac{X(m,n)}{(m+n)^2} \quad (4)$$



Incertezas δX dos Valores
 $X(m = 0,76)$. Extraídas da
Tabela 1 ($\delta \gamma = - 0,05$ e
 $\delta \Delta = 0,01$).

3 — RESULTADOS OBTIDOS COM A FÓRMULA SIMPLIFICADA

A tabela 3 fornece os valores de X (m,n) e Y (m,n) calculados com as fórmulas (3) e (4). Como se pode notar, estão muito longe de diferirem dos da tabela 2 pelos δ Y lá indicados.

4 — FÓRMULA DA PROPAGAÇÃO DOS DESVIOS

Os desvios δ Y da tabela 2 foram calculados atribuindo a γ e a Δ primeiramente os valores $\gamma = 2,20$ e $\Delta = 1,00$ e, depois, pondo $\gamma = 2,15$ e $\Delta = 1,01$. Essa é uma maneira muito trabalhosa de proceder, mesmo quando só γ e Δ admitam variações.

Na prática, tôdas as grandezas γ , Δ , θ , m, n e y estão sujeitas a erros. O erro que incide sobre

$$\sigma_y = \sigma_y (\gamma, \Delta, \theta, m, n, y)$$

TABELA 3. VALORES DE X (m,n) e Y (m,n) CALCULADOS PELAS FÓRMULAS (3) e (4)

m	X e Y	n					
		0	0,015	0,03	0,04	0,05	0,10
0,73	X	- 0,098	- 0,060	- 0,023	0,002	0,027	0,152
	Y	- 0,184	- 0,109	- 0,040	0,035	0,045	0,221
0,74	X	- 0,070	- 0,033	0,005	0,030	0,055	0,180
	Y	- 0,128	- 0,057	0,008	0,049	0,088	0,255
0,75	X	- 0,043	- 0,005	0,033	0,058	0,083	0,208
	Y	- 0,076	- 0,009	0,053	0,092	0,129	0,287
0,76	X	- 0,015	0,023	0,060	0,085	0,110	0,235
	Y	- 0,026	0,038	0,096	0,133	0,168	0,318
0,77	X	0,013	0,050	0,088	0,113	0,138	0,263
	Y	0,022	0,082	0,137	0,172	0,205	0,347
0,78	X	0,041	0,078	0,116	0,141	0,166	0,291
	Y	0,067	0,124	0,176	0,209	0,240	0,375
0,80	X	0,096	0,134	0,171	0,196	0,221	0,346
	Y	0,150	0,201	0,248	0,278	0,306	0,427

é dado pela diferencial total (ver, por exemplo (T))

$$d\sigma_y = \frac{\partial \sigma_y}{\partial \gamma} d\gamma + \frac{\partial \sigma_y}{\partial \Delta} d\Delta + \dots + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} dy \quad (5)$$

Desde que os desvios $\delta \tau$, $\delta \Delta$, ..., δy não ultrapassem certos limites (na prática, até 5% das grandezas que representam) o desvio $\delta \sigma_y$ pode ser calculado pela (5).

Quando se desconhece os sentidos de variações das grandezas o que se tem a fazer é tomar os valores absolutos,

$$\left| \delta \sigma_y \right| = \left| \frac{\partial \sigma_y}{\partial \tau} \delta \tau \right| + \dots + \left| \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} \delta y \right|$$

No caso que vimos exemplificando, porém, sabemos que $\delta \Delta > 0$ e $\delta \tau < 0$ e logo podemos determinar um valor menor do que o que seria fornecido pela soma dos valores absolutos das contribuições individuais dos erros de τ , ..., y .

A fórmula (5) aplicada a $Y = Y(\tau, \Delta, \theta, m, n)$ fornece as contribuições parciais:

$$\frac{\partial Y}{\partial \tau} \delta \tau \simeq \frac{m}{m+n} \delta \tau; \quad \frac{\partial Y}{\partial \Delta} \delta \Delta \simeq - \left(\theta + \frac{1-mn}{(m+n)^2} \right) \delta \Delta; \quad \frac{\partial Y}{\partial \theta} \delta \theta = - \Delta \delta \theta; \quad (6)$$

$$\frac{\partial Y}{\partial m} \delta m \simeq \frac{2 \Delta}{(m+n)^3} \delta m \quad (\text{esta é uma expressão bastante simplificada, mas que se afasta no máximo de 5% da expressão completa})$$

$$\text{e } \frac{\partial Y}{\partial n} \delta n = \left[\frac{2 \Delta (m^2 + 1)}{(m+n)^3} - \frac{\tau m}{(m+n)^2} \right] \delta n$$

Após considerações triviais, pode-se mostrar que a fórmula

$$\delta Y = \delta \tau - \theta \delta \Delta - \frac{\delta \Delta}{m^2} - \delta \theta + \frac{2}{m^3} \delta m + \frac{2(m^2 + 1)}{m^3} \delta n - \frac{\tau}{m} \delta n$$

permitirá uma visualização rápida da ordem de grandeza do erro.

Na tabela 4 temos os valores de δY calculados apenas para $Y = Y(\tau, \Delta)$, sendo, como anteriormente, $\delta \tau = -0,05$ e $\delta \Delta = 0,01$. Os valores para $n = 0$ foram calculados pela expressão

$$\delta Y = -0,055 - \frac{0,01}{m^2},$$

que se obtém: fazendo $n = 0$ na fórmula (1'), do que resulta:

$$Y = \frac{1}{m^2} (\tau m^2 - \theta \Delta m^2 - \Delta); \quad (6)$$

diferenciando a fórmula (6) e, finalmente, substituindo $\theta = 0,5$; $\delta \tau = -0,05$ e $\delta \Delta = 0,01$.

TABELA 4. VALORES DE δ Y CALCULADOS PELA PROPAGAÇÃO DOS ERROS

m	n					
	0	0,015	0,03	0,04	0,05	0,10
0,73	0,074	0,071	0,070	0,069	0,068	0,063
0,74	0,073	0,071	0,070	0,068	0,067	0,062
0,75	0,073	0,071	0,069	0,068	0,067	0,062
0,76	0,072	0,071	0,069	0,068	0,067	0,062
0,77	0,072	0,070	0,068	0,067	0,066	0,061
0,78	0,071	0,070	0,068	0,067	0,066	0,061
0,80	0,071	0,069	0,067	0,066	0,065	0,061

Os valores desta tabela concordam dentro de 1% com os da tabela 2. Os últimos algarismos da direita estão arredondados conforme a prática usual [ver por exemplo (LC)]

5 — CONDIÇÕES PARA QUE $\sigma_y \geq 0$

O gráfico 1 mostra que para cada valor de m existe um certo valor mínimo de n para o qual $\sigma_y = X = 0$. Já o gráfico 2 diz-nos que êsses valores não são garantidos, pois, para as condições especificadas, somente, por exemplo, para $n \geq 0,025$ ter-se-ia para $m = 0,76$ que $\sigma_y \geq 0$.

Um gráfico como o 2 permitiria ver que acréscimo δn se deveria dar a n para que, levando em conta as variações $\delta \tau$, $\delta \Delta$, ..., possamos ter certeza de que $\sigma_y \geq 0$. No caso em apreço, $\delta n = 0,018$. Todavia, isto seria trabalhar fastidiosamente e sobre casos particulares. O cálculo diferencial possibilita uma avaliação rápida e geral. É o caminho que seguiremos aqui, aplicado, porém, à situação que vimos estudando.

Para não se ter σ_y negativo basta que

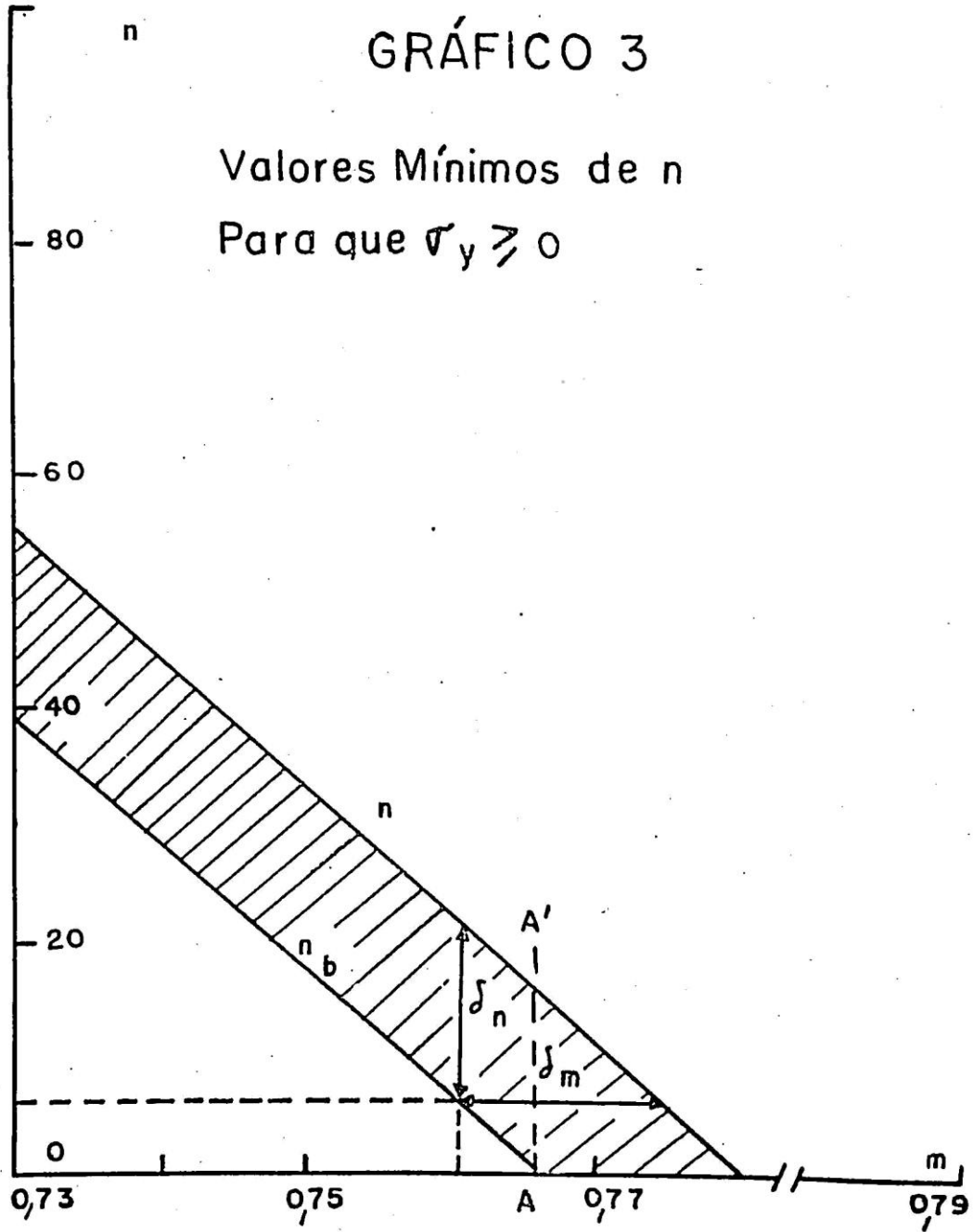
$$X = 2,50 n + 2,77 m - 2,12 \geq 0$$

Desprezando, por enquanto, as variações δX , teríamos que os valores mínimos de n , aqui representados por n_b (valores básicos), seriam dados por

$$n_b = (2,12 - 2,77m) / 2,50 \quad (7)$$

GRÁFICO 3

Valores Mínimos de n
Para que $\sigma_y \geq 0$



A linha inferior do gráfico 3 é uma representação da reta (7), que fornece para cada valor de m o menor valor de n que satisfaz a condição $\sigma_y \geq 0$.

Levemos agora em conta os desvios δX . Diferenciando a fórmula (3), obtemos

$$\delta X = 2,50 \delta n,$$

ou seja :

$$\delta n = \frac{\delta X}{2,50} \quad (8).$$

As fórmulas (6) permitem-nos escrever :

$$\delta Y(\gamma, \Delta) = \frac{m}{m+n} \delta \gamma - \left(\theta + \frac{1-mn}{(m+n)^2} \right) \delta \Delta.$$

Donde, pela (1')

$$\delta X(\gamma, \Delta) \simeq m^2 \delta \gamma - (1 + \theta m^2) \delta \Delta.$$

Substituindo $\delta \gamma = -0,05$; $\delta \Delta = 0,01$ e $\theta = 0,5$, vem :

$$\delta n(\gamma, \Delta) \simeq -0,022 m^2 - 0,004,$$

que, entre $m = 0,73$ a $m = 0,80$, dá uma variação de $\delta n = 0,016$ a $\delta n = 0,018$ (linha superior do gráfico 3).

Portanto, um valor de n , para $\delta \gamma = -0,05$ e $\delta \Delta = 0,01$, garantindo que $\sigma_y \geq 0$ seria convenientemente dado por

$$n \geq n_b + 0,02.$$

Este foi o caminho mais prático, mencionado no final do parágrafo 1, pois conhecidas as variações $\delta \gamma, \dots, \delta n$ será sempre possível calcular pela fórmula de propagação dos erros o valor de δX e, com este último, avaliar o novo n a tomar pela fórmula (8).

6 — CRÍTICA DOS DADOS

A tabela 2 (ou as tabelas 3 e 4) mostra que, para as condições consideradas, os desvios relativos de Y , δY , vão desde 00 % até 14%. É o desvio absoluto δY que tem importância no caso. Nas aplicações práticas, isto significaria dizer que, no presente caso, careceria de sentido se estabelecer um "coeficiente de segurança" para os valores das tensões σ_y . O que cabe é estabelecer um "térmo aditivo de segurança".

Como se pode verificar, para as condições admitidas, qualquer algarismo além da segunda decimal de Y carece de sentido; pois para $m = 0,80$ e $n = 0,10$, o valor de Y tanto pode ser 0,43 quanto qualquer valor compreendido entre 0,43 e 0,37.

No cálculo da barragem mencionada em (B—1), σ γ foi fornecida com número grande de algarismos; quando, na realidade, só podia center, no máximo, 1 casa decimal.

Esta prática desaconselhável não é, entretanto, uma peculiaridade dos trabalhos mencionados. É assás freqüente entre os técnicos de quaisquer setores de atividade.

Um critério científico para escrever os resultados de medidas ou de cálculos com medidas é altamente sugestivo do ponto de vista prático. Uma primeira aproximação dêsse critério é a observância do que se entende por "número de algarismos significativos".

"Os algarismos significativos de uma medida são todos os que sabemos serem corretos, acrescidos do primeiro sôbre o qual temos dúvidas". (LC)

"Tôdas as vêzes que desejarmos expressar o resultado de uma medida devemos fazê-lo escrevendo os seus algarismos significativos e sômente êstes". (LC)

Quaisquer algarismos além dêsses não prestam nenhuma informação e, portanto, são destituídos de significado. Rigorosamente, segundo êste critério, colocar mais algarismos do que os que as condições práticas permitem é falsear a realidade, porque corresponderia a afirmar que os resultados oferecem maior segurança do que a que se poderia obter na prática.

"A ordem de grandeza do êrro que se pode tolerar depende muito do tipo do problema, de maneira que os melhores guias nessa questão são: (1) a capacidade de analisar (a) os fatôres que intervêm no êrro e (b) o uso para que se destina o medida; e (2) o bom senso, isto é, a capacidade de distinguir o que tem do que não tem sentido. Evidentemente, o bom senso indicará resultados tanto melhores quanto melhor a capacidade descrito em (I)". (LC)

7. AGRADECIMENTOS

Agradecemos o integral apôio e estímulo recebidos por parte dos nossos chefes no 1.º Distrito de Obras do DNOCS, engenheiros Edilson de Freitas Queiroz e Vicente de Paulo Pereira Barbosa Vieira.

Agradecemos, ainda, ao eng. José Uchôa de Aquino sua prestimosa colaboração nos cálculos.

BIBLIOGRAFIA

- (A) BOURGIN, A., Cours de Calcul de Barrages, Cap. IV, Editions Eyrolles (1948).
- (B-1) BASTOS, J. M., Projeto de Ampliação da Barragem do Acarape, DNOCS — 1.º Distrito de Obras (1961).
- (B-2) BASTOS, J. M., Curso de Hidrologia e Barragens, Escola de Engenharia, Universidade do Ceará (1962).
- (E) ESTIENNE, Jacques., Calcul et Construction de Barrages, Ecole Nationale Supérieure, Université de Toulouse, p. 14 e. 17 (1962).
- (LC) LENZ CESAR, Homero., Algarismo Significativo, Erro, Arredondamento, Departamento de Publicações da Escola de Engenharia, Universidade do Ceará (1963).
- (T) TOPPING, J., Error of Observation and Their Treatment, Institute of Physics (London), Reinhold Publishing Corporation, NY, Ch. 1 (1960).

VARIAÇÃO DO NÍVEL DE UM RESERVATÓRIO. CASO DAS
REPRESAS. MÉTODO GRÁFICO DE KOZENY

VARIAÇÃO DO NÍVEL DE UM RESERVATÓRIO. CASO DAS REPRÊSAS. MÉTODO GRÁFICO DE KOZENY

Genésio Martins de Araújo (*)
Eng.º Civil

Tempo necessário para uma dada variação do nível de um reservatório por meio de extravasores de superfície. Caso de uma represa. Efeito Regulador. Determinação das curvas dos volumes efluentes em função do tempo (Método Gráfico de Kozeny).

Constitui tema de real interesse em problemas de engenharia hidráulica, o da determinação do tempo necessário para uma dada variação do nível de um reservatório, por meio de singularidades de contorno aberto, como é o caso dos vertedores.

A vazão permitida por um vertedor retangular de largura L , quando a carga no instante considerado é h , é dada pela fórmula

$Q_s = \frac{2}{3} \mu L h \sqrt{2g h}$, em que μ — coeficiente puramente numérico — é o coeficiente de vazão, fornecido pela experiência e dependente de diversos fatores: carga, forma do vertedor, altura e largura da crista, rugosidade, etc.

Pondo $\frac{2}{3} \mu = m$, ainda podemos escrever

$$Q_s = m L h \sqrt{2g h} \quad (1)$$

Representemos por $Q_a(t)$ as vazões afluentes em função do tempo e por $Q_s(h)$ as vazões efluentes em função da lâmina vertente h .

$Q_a dt$ será, pois, o volume afluente no tempo dt ;

$Q_s dt$, onde $Q_s = m L h \sqrt{2g h}$ será o volume evacuado pelo vertedor no mesmo intervalo de tempo dt ;

(*) Diretor da Diretoria de Obras e Equipamentos do DNOCS

$dV = \Omega dh$ (onde Ω é a seção horizontal do reservatório à altura h) será a variação do volume no reservatório, no mesmo intervalo de tempo dt .

Temos :

$$Q_a dt = Q_s dt + \Omega dh \quad (2)$$

Vamos encarar os casos seguintes :

I) $Q_a = 0$

Propomo-nos calcular o tempo necessário para o nível líquido de um reservatório passar de uma cota h_1 a outra $h_2 (h_1 > h_2)$, medidas em relação à crista ou soleira do vertedor retangular (fig. 1)

Sejam :

h — altura variável sôbre a crista

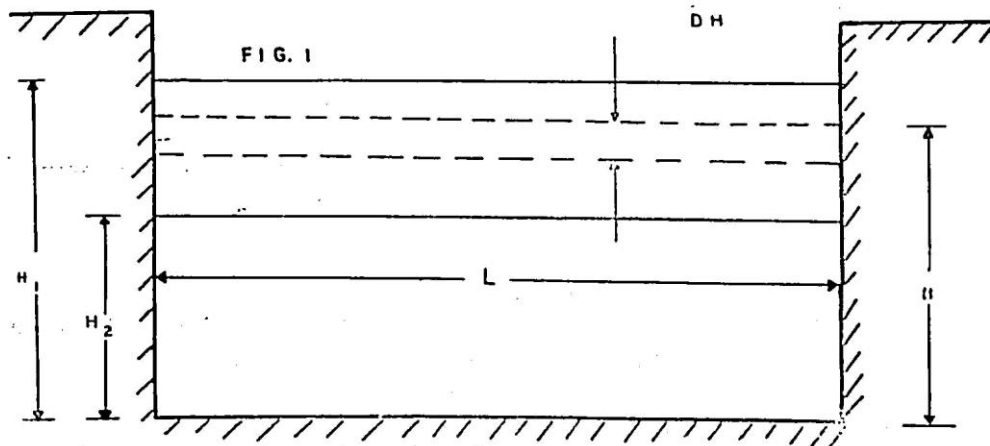
Ω — área do reservatório à cota h

A equação geral (2) dá

$$Q_s dt = - \Omega dh$$

$$dt = \frac{- \Omega dh}{Q_s}, \text{ ou :}$$

$$dt = - \frac{\Omega}{m L h \sqrt{2g h}} dh$$



Com os limites h_1 e h_2 (com $h_1 > h_2$), encontra-se para o tempo procurado :

$$T = - \frac{1}{L \sqrt{2g}} \int_{h_1}^{h_2} \frac{\Omega dh}{m h^{3/2}} \quad , \quad (3) \text{ cuja integração está na de-}$$

pendência das expressões de Ω e m em função de h .

O caso mais simples é o de um reservatório de seção Ω constante; supondo, ainda, que m não varia com a carga h , ter-se-á :

$$T = - \frac{\Omega}{m L \sqrt{2g}} \int_{h_1}^{h_2} h^{-3/2} dh = \frac{2 \Omega}{m L \sqrt{2g}} \left(\frac{1}{\sqrt{h_2}} - \frac{1}{\sqrt{h_1}} \right) \quad (4)$$

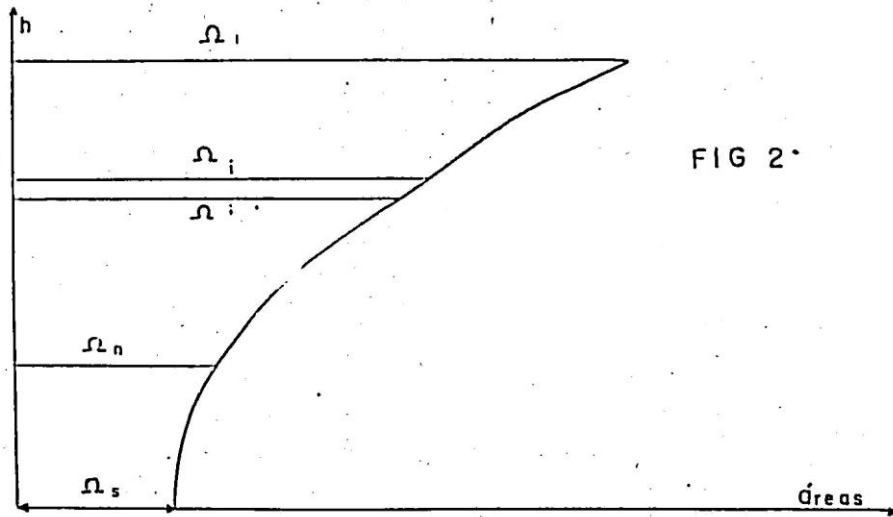
Para $h_2 = 0$, temos $T = \infty$, isto é, seria infinito o tempo necessário para que o nível líquido chegasse até à soleira ou crista do vertedor. Mas, na realidade h_2 não chega a se anular; para um valor pequeno de h cessa o escoamento, por efeito da predominância das ações motivadas pela tensão superficial. Praticamente este tempo é finito, embora seja muito lento o escoamento nas proximidades de $h = 0$. Acresça-se, ainda, que aquela conclusão teórica fundamenta-se no pressuposto de que m é constante até cargas infinitesimais. Em realidade, m varia freqüentemente em sentido inverso de h . Se Ω é uma função conhecida de h , isto é, $\Omega = F(h)$ e, ainda, se $m = \text{const.}$, a equação (3) se torna :

$$T = - \frac{1}{m L \sqrt{2g}} \int_{h_1}^{h_2} F(h) h^{-3/2} dh, \quad \text{cuja solução está na de}$$

pendência de $F(h)$, podendo esta ser tão complicada que seja impossível a integração. No caso das reprêas, não existe a função analítica $\Omega = F(h)$. Neste caso, conhecendo as áreas Ω correspondentes a cada cota (tomadas estas cotas em relação à soleira), podemos representá-las gráficamente (fig. 2).

Se considerarmos entre as duas cotas h_1 e h , intervalo no qual o nível líquido vai variar (descendo), seções horizontais $\Omega_2, \Omega_3 \dots \Omega_1, \Omega_{1+1} \dots \Omega_{n-1} \Omega_n$. suficientemente próximas, de modo que entre elas a área inundada permaneça constante, teremos, conforme a expressão (4) :

$$T = \frac{2}{mL \sqrt{2g}} \sum_{h_1}^{h_n} \frac{\Omega_i + \Omega_{i+1}}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{h_{i+1}}} - \frac{1}{\sqrt{h_i}} \right)$$



II) $Q_a = \text{const.} \neq 0$

$\Omega = \text{const.}$

Seja calcular o tempo necessário para o nível livre de um reservatório passar de uma cota h_1 a outra h_2 , medidas em relação à soleira do vertedor, quando a descarga afluyente Q_a é diferente de zero, mas constante e também constante, no intervalo considerado, a seção Ω .

Temos:

$$Q_a dt = Q_s dt + \Omega dh$$

ou

$$(Q_a - Q_s) dt = \Omega dh \quad (6)$$

1.º) Se, $Q_a > Q_s$, virá $Q_a - Q_s > 0$ e $\frac{dh}{dt} = \frac{Q_a - Q_s}{\Omega} > 0$, isto é, h cresce com t , ou seja, o nível sobe.

2.º) Se $Q_a < Q_s$, virá $Q_a - Q_s < 0$ e $\frac{dh}{dt} = \frac{Q_a - Q_s}{\Omega} < 0$, isto é, h decresce com t , ou seja, o nível desce.

3.º) Se $Q_a = Q_s$, $\frac{dh}{dt} = \frac{Q_a - Q_s}{\Omega} = 0$, isto é, $h = \text{const.}$ e o nível ficará estacionário.

Analisemos o 1.º caso, isto é, $Q_a > Q_s$ e o nível sobe. Calculemos o tempo necessário para fazer subir o nível do reservatório da altura 0 à altura h .

Da equação (6), temos :

$$dt = \frac{\Omega dh}{Q_a - Q_s} = \frac{\Omega dh}{Q_a - mLh\sqrt{2g/h}}$$

$$T = \int_0^h \frac{\Omega dh}{Q_a - mLh\sqrt{2g/h}} = \frac{\Omega}{Q_a} \int_0^h \frac{dh}{1 - \frac{mL\sqrt{2g}}{Q_a} h^{3/2}} \quad (7)$$

Fazendo $\frac{mL\sqrt{2g}}{Q_a} = \alpha^3$ e $x = \frac{1}{\alpha\sqrt{h}}$, virá, em consequência :

$$h^{3/2} \frac{1}{\alpha^3 x^3} = \text{e, portanto :}$$

$$\frac{mL\sqrt{2g}h^{3/2}}{Q_a} = \alpha^3 \frac{1}{\alpha^3 x^3} = \frac{1}{x^3}$$

Também, de $h = \frac{1}{\alpha^2 x^2}$ tem-se $dh = \frac{1}{\alpha^2} \frac{-2x dx}{x^4} = -\frac{2 dx}{\alpha^2 x^3}$

Resulta :

$$T = \frac{\Omega}{Q_a} \int_{\infty}^x \frac{\frac{2 dx}{\alpha^2 x^3}}{1 - \frac{1}{x^3}} = \frac{2\Omega}{\alpha^2 Q_a} \int_{\infty}^x \frac{\frac{dx}{x^3}}{\frac{1}{x^3} - 1}$$

ou

$$T = \frac{2\Omega}{\alpha^2 Q_a} \int_{\infty}^x \frac{dx}{1 - x^3} \quad (8)$$

Calculemos a integral $\int_{\infty}^x \frac{dx}{1 - x^3}$

Temos :

$$(1 - x^3) = (1 - x)(x^2 + x + 1). \quad \text{Podemos pôr :}$$

$$\frac{1}{1 - x^3} \equiv \frac{A}{1 - x} + \frac{Bx + C}{x^2 + x + 1}$$

$$1 \equiv A(x^2 + x + 1) + (1 - x)(Bx + C)$$

$$1 \equiv (A - B)x^2 + (A + B - C)x + A + C, \text{ donde}$$

$$A - B = 0$$

$$A + B - C = 0$$

$$A + C = 1 \quad \text{e, assim :}$$

$A = B = 1 - C$ e a segunda das três equações acima dá

$$A + A + A - 1 = 0, \quad 3A = 1, \quad A = \frac{1}{3}$$

$$\text{Logo, } B = \frac{1}{3} \quad \text{e} \quad C = 1 - A = 1 - \frac{1}{3} = \frac{2}{3}$$

$$\text{Então, } \frac{1}{1 - x^3} = \frac{\frac{1}{3}}{1 - x} + \frac{\frac{1}{3}x + \frac{2}{3}}{x^2 + x + 1}$$

Vem :

$$\int_{-\infty}^x \frac{dx}{1 - x^3} = \frac{1}{3} \int_{-\infty}^x \frac{dx}{1 - x} + \frac{1}{2} \int_{-\infty}^x \frac{dx}{\left(x + \frac{1}{2}\right)^2 + \frac{3}{4}} + \int_{-\infty}^x \frac{\left(\frac{1}{3}x + \frac{1}{6}\right) dx}{x^2 + x + 1} =$$

$$= \left[-\frac{1}{3} \log_e(1-x) + \frac{1}{2} x \frac{1}{\sqrt{3}} \operatorname{arctg} \frac{x + \frac{1}{2}}{\frac{\sqrt{3}}{2}} + \frac{1}{6} \log_e(x^2 + x + 1) \right]_{-\infty}^x$$

Notemos que

$$\frac{1}{6} \log_e(x^2 + x + 1) - \frac{1}{3} \log_e(1-x) = \frac{1}{6} \left[\log_e \frac{x^3 - 1}{x - 1} - 2 \log_e(1-x) \right] =$$

$$= \frac{1}{6} \left[\log_e \frac{x^3 - 1}{x - 1} - \log_e(1-x)^2 \right] = \frac{1}{6} \log_e \frac{x^3 - 1}{(x - 1)^3}$$

Então,

$$\int_{\infty}^x \frac{dx}{1-x^3} = \left[\frac{1}{6} \frac{x^3-1}{(x-1)^3} + \frac{1}{\sqrt{3}} \operatorname{arctg} \frac{2x+1}{\sqrt{3}} \right]_{\infty}^x$$

Calculamos

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \left[\frac{1}{6} \frac{x^3-1}{(x-1)^3} + \frac{1}{\sqrt{3}} \operatorname{arctg} \frac{2x+1}{\sqrt{3}} \right]$$

Ora

$$\begin{aligned} \frac{1}{6} \frac{x^3-1}{(x-1)^3} &= \frac{1}{6} \frac{x^2+x+1}{(x-1)^2} = \frac{1}{6} \frac{x^2+x+1}{x^2-2x+1} = \\ &= \frac{1}{6} \frac{1 + \frac{1}{x} + \frac{1}{x^2}}{1 - \frac{2}{x} + \frac{1}{x^2}} \end{aligned}$$

Então,

$$\begin{aligned} \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{1}{6} \frac{x^3-1}{(x-1)^3} &= \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{1}{6} \frac{1 + \frac{1}{x} + \frac{1}{x^2}}{1 - \frac{2}{x} + \frac{1}{x^2}} = 0 \\ \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{1}{\sqrt{3}} \operatorname{arctg} \frac{2x+1}{\sqrt{3}} &= \frac{\pi}{2\sqrt{3}} \end{aligned}$$

Obtemos, pois

$$\begin{aligned} \int_{\infty}^x \frac{dx}{1-x^3} &= \frac{1}{6} \frac{x^3-1}{(x-1)^3} + \frac{1}{\sqrt{3}} \operatorname{arctg} \frac{2x+1}{\sqrt{3}} - \frac{\pi}{2\sqrt{3}} \quad e \\ T &= \frac{2\Omega}{\alpha^2 Q_a} \left[\frac{1}{6} \frac{x^3-1}{(x-1)^3} + \frac{1}{\sqrt{3}} \operatorname{arctg} \frac{2x+1}{\sqrt{3}} - \frac{\pi}{2\sqrt{3}} \right] \\ T &= \frac{2\Omega}{\alpha^2 Q_a} \psi(x) \end{aligned}$$

Os valores de $\psi(x)$, correspondentes aos diversos valores de x , encontram-se na Tabela I, calculada por Bresse.

TABELA I — (BRESSE)

x	$\psi(x)$	x	$\psi(x)$	x	$\psi(x)$	x	$\psi(x)$	x	$\psi(x)$
0,00	-0,605	0,81	0,367	1,005	1,650	1,20	0,479	4,50	0,025
0,10	-0,505	0,82	0,387	1,01	1,416	1,22	0,454	5,00	0,020
0,20	-0,404	0,83	0,411	1,02	1,191	1,25	0,420	6,00	0,014
0,25	-0,354	0,84	0,435	1,03	1,060	1,30	0,373	7,00	0,010
0,30	-0,302	0,85	0,460	1,04	0,970	1,35	0,335	8,00	0,008
0,40	-0,198	0,86	0,487	1,05	0,896	1,40	0,304	9,00	0,006
0,45	-0,144	0,87	0,516	1,06	0,838	1,45	0,277	10,00	0,005
0,50	-0,088	0,88	0,546	1,07	0,790	1,50	0,255	15,00	0,002
0,55	-0,029	0,89	0,578	1,08	0,749	1,60	0,218	30,00	0,0006
0,60	+0,032	0,90	0,614	1,09	0,712	1,70	0,189	50,00	0,0002
0,65	0,099	0,91	0,652	1,10	0,681	1,80	0,166	100,00	0,0001
0,70	0,171	0,92	0,695	1,11	0,651	1,90	0,146	∞	0,0000
0,72	0,202	0,93	0,743	1,12	0,626	2,00	0,132		
0,74	0,235	0,94	0,798	1,13	0,602	2,25	0,102		
0,75	0,252	0,95	0,862	1,14	0,580	2,50	0,082		
0,76	0,270	0,96	0,940	1,15	0,561	2,75	0,067		
0,77	0,288	0,97	1,039	1,16	0,542	3,00	0,056		
0,78	0,306	0,985	1,275	1,17	0,525	3,25	0,048		
0,79	0,326	0,99	1,412	1,18	0,509	3,50	0,041		
0,80	0,346	1,00	∞	1,19	0,494	4,00	0,031		

Calculemos o tempo necessário para o nível passar da cota h_2 à cota h_1 ($h_1 > h_2$).

Ora, o tempo necessário para o nível ascender de 0 a h_2 é

$$T_2 = \frac{2 \Omega}{\alpha^2 Q_a} \psi(x_2), \quad \text{onde} \quad x_2 = \frac{1}{\alpha \sqrt{h_2}}$$

e o tempo para ir de 0 a h_1 é,

$$T_1 = \frac{2 \Omega}{\alpha^2 Q_a} \psi(x_1), \quad \text{onde} \quad x_1 = \frac{1}{\alpha \sqrt{h_1}}$$

Então, o tempo procurado é

$$T_1 - T_2 = \frac{2 \Omega}{\alpha^2 Q_a} \left[\psi(x_1) - \psi(x_2) \right]$$

Partindo-se de $h = 0$ no instante 0, com a vazão afluente Q_a constante, o nível subirá até uma lâmina limite dada por

$$Q_a = Q_s = m L h \sqrt{2g h}, \quad \text{donde}$$

$$h = \left(\frac{Q_a}{m L \sqrt{2g}} \right)^{2/3}$$

O tempo necessário para atingi-la calcula-se assim: sabemos que

$$x = \frac{1}{\alpha \sqrt{h}} \quad \text{e} \quad \alpha = \left(\frac{m L \sqrt{2g}}{Q_a} \right)^{1/3} \quad \text{e da expressão}$$

acima de h , tem-se

$$h^{1/2} = \left(\frac{Q_a}{m L \sqrt{2g}} \right)^{1/3}$$

Logo, $x = 1$ e portanto, $\psi(x_1) = \psi(1) = \infty$, resultando $T = \infty$. Na realidade, este tempo não é infinito. Aliás esta conclusão teórica fundamenta-se na hipótese de que m é constante para cargas quaisquer, o que não se dá, realmente.

No caso ora focalizado, em que $Q_a > Q_s$, é fácil demonstrar que temos sempre $x > 1$. Com efeito, se $Q_a > Q_s$, temos

$$Q_a > m L h \sqrt{2g h}, \quad \text{donde}$$

$$\frac{m L \sqrt{2g}}{Q_a} > \frac{1}{h \sqrt{h}} \quad \text{e como} \quad \alpha = \left(\frac{m L \sqrt{2g}}{Q_a} \right)^{1/3} \quad \text{resulta}$$

$$x < \sqrt[3]{\frac{1}{h\sqrt{h}}} \quad \text{Por outro lado, sendo } x = \frac{1}{\alpha\sqrt{h}}, \text{ deduz-se}$$

$$x > \frac{1}{\sqrt[3]{\frac{1}{h\sqrt{h}} \cdot \sqrt{h}}} \quad \text{Mas, } \sqrt[3]{\frac{1}{h\sqrt{h}}} \cdot \sqrt{h} = \sqrt[6]{\frac{1}{h^3}} \cdot h^3 = 1.$$

Logo, $x > 1$ C. Q. D

Analisemos o 2.º caso, isto é, $Q_a < Q_s$ e o nível desce.

Calculemos o tempo necessário para o nível baixar da cota h_1 à cota h_2 .

Com a mesma mudança de variável efetuada para o 1.º caso, temos

$$T = \frac{2 \cdot \Omega}{\alpha^2 Q_a} \int_{x_1}^{x_2} \frac{dx}{1-x^3} = \frac{2 \cdot \Omega}{\alpha^2 Q_a} \left[\frac{1}{6} \frac{x^3 - 1}{(x_2 - 1)^3} - \log_6 \frac{x^3 - 1}{(x_2 - 1)^3} + \right.$$

$$\left. + \frac{1}{\sqrt{3}} \operatorname{arctg} \frac{2x_2 + 1}{\sqrt{3}} - \frac{1}{6} \log_6 \frac{x^3 - 1}{(x_1 - 1)^3} - \frac{1}{\sqrt{3}} \operatorname{arctg} \frac{2x_1 + 1}{\sqrt{3}} \right] =$$

$$= \frac{2 \cdot \Omega}{\alpha^2 Q_a} \left[\psi'(x_2) - \psi'(x_1) \right] = \frac{2 \cdot \Omega}{\alpha^2 Q_a} \left[\psi(x_2) - \psi(x_1) \right]$$

onde $\psi(x)$ é dado na Tabela I.

Neste caso, isto é, quando $Q_a < Q_s$, demonstra-se de maneira análoga à que foi feita no primeiro caso, que $x < 1$.

III) Caso geral de esvaziamento por vertedor. Efeito regulador de uma repêsa.

Atentemos para a equação diferencial

$$(Q_a - Q_s) dt = \Omega dh, \quad \text{ou seja}$$

$$(Q_a - m^1 L \sqrt{2g} h^{3/2}) dt = \Omega dh$$

No caso de uma repêsa ou lago natural alimentados por um curso natural, a vazão afluente Q_a e a seção horizontal Ω , acima da soleira do vertedor são essencialmente variáveis e não há leis susceptíveis de representá-las, a primeira em função do tempo e, a segunda em função de h . É este o problema prático de geral ocorrência.

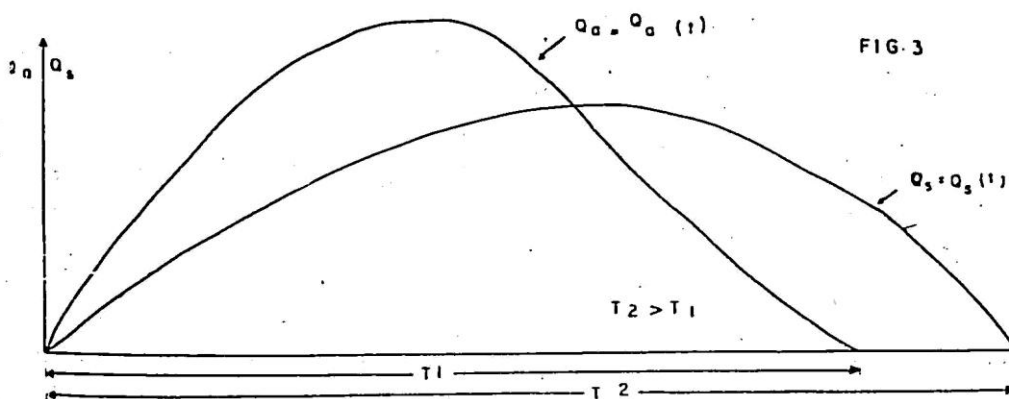
Vamos supor que a bacia se encontra repleta (nível na cota da soleira do vertedor) ao ocorrer a enchente. O nível d'água começará a subir além da soleira do vertedor e este começará a evacuar a enchente. Em um instante qualquer, o volume que sai da repêsa no tempo infinitamente pequeno dt é $Q_s dt$ e o que permanece na bacia no mesmo intervalo de tempo é Ωdh , responsável pela ascensão dh do nível. Temos:

$$Q_a dt = Q_s dt + \Omega dh$$

Admitida, pois, a ascensão do nível na repêsa, a vazão efluente Q_s é menor do que a vazão afluente Q_a . A subida do nível na bacia, que é função da área da repêsa, será tanto menor quanto maior dita área e, por conseguinte, tanto menor será o incremento da vazão Q_s .

Devendo a enchente ser totalmente evacuada pelo vertedor, segue-se que o tempo necessário será maior do que o da duração da enchente (Fig. 3).

Em suma, a máxima vazão efluente é menor do que a entrada na repêsa e o tempo de esvaziamento é maior do que a duração da enchente.



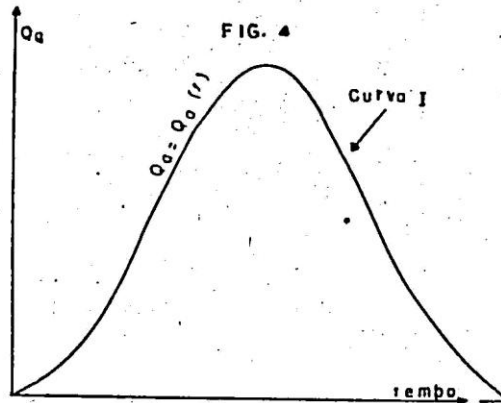
A repêsa retém por certo tempo a cheia e a “amortece”. É o que se conhece por “amortecimento da repêsa”, chamado também “efeito regulador da repêsa”.

Em conseqüência, ao dimensionar-se o vertedor ou sangradouro, poder-se-á fazê-lo para uma vazão menor do que o máximo da vazão da enchente, pois não evacuará esta.

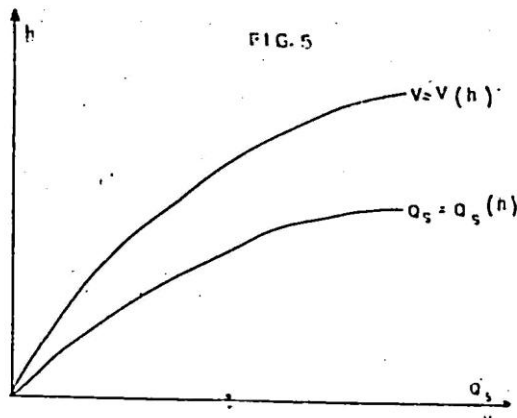
O problema que iremos agora abordar é o da determinação da vazão efluente pelo sangradouro, em função do tempo, conhecida a variação da vazão afluente Q_a , admitindo que ao se iniciar a enchente, já o nível d'água se encontra à cota da soleira do sangradouro. Isto permitirá determinar a vazão máxima pelo sangradouro e o instante em que ela se dará, descarga esta que se transmitirá ao rio, a jusante da barragem.

Vamos expor o método gráfico de Kozeny.

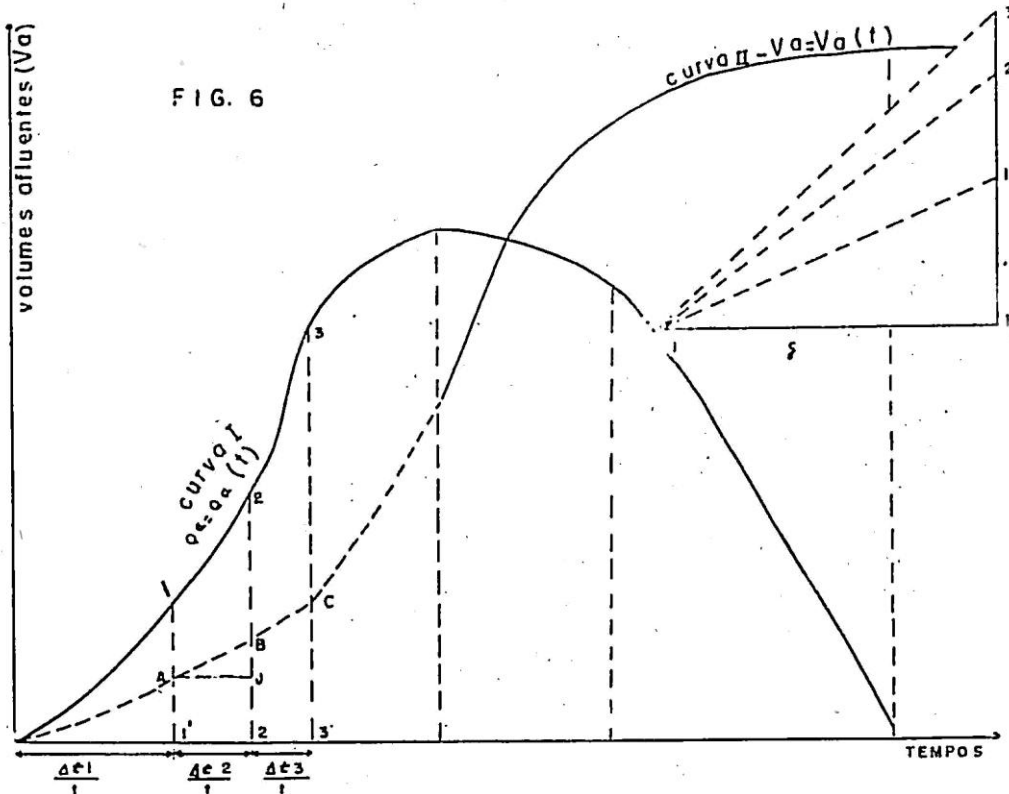
Admite-se conhecida a curva $Q_a = Q_a(t)$ das descargas afluentes instantâneas em função do tempo (curva I da fig. 4) e também conhecidas as representações gráficas, em função de h , dos volumes V acumulados acima do sangradouro (fig. 5).



Conhecidas as características do sangradouro, podem ser calculados os valores Q_s em função de h e, a seguir, poderemos representá-los graficamente (fig. 5).



Outro elemento necessário a obter-se é a curva integral da enchente, isto é, o volume total afluente V_a , em função do tempo. Esta curva pode ser obtida a partir da curva I, pelo método aproximado de Simpson ou, de maneira puramente gráfica, por meio de um polígono funicular, como se passa a justificar.



Tomemos a distância polar O_1F , levando em $F1$ o valor $11'$ da vazão, após transcorrido o tempo $\Delta t_1 = 01'$, desde o início da enchente. Por O tracemos OA paralela a O_11 , determinando assim o triângulo $01'A$, semelhante a 0_1F1 . Os dois referidos triângulos semelhantes dão :

$$\frac{O1'}{O_1F} = \frac{A1'}{F1}$$

Adotemos na nossa representação gráfica as seguintes escalas: tempos $\frac{t \text{ segundos}}{\text{cm}} = t \text{ scm}^{-1}$ isto é, t

unidades de tempo (segundos) serão representados pela unidade de comprimento (cm).

$$\text{vazão} \quad \frac{q \text{ m}^3/\text{s}}{\text{cm}} = q \text{ m}^3\text{s}^{-1} \text{ cm}^{-1}, \quad \text{isto é, } q \text{ unidades de vazão}$$

(m^3/s) serão representados pela unidade de comprimento (cm).

A relação anterior escreve-se pois $\frac{\frac{\Delta t_1}{t}}{\delta} = \frac{A1'}{\frac{Q_{a1}}{q}}$, donde

$A1' = \frac{Q_{a1} \Delta t_1}{q \delta t}$, isto é, $A1' \cdot q t \delta = Q_{a1} \cdot \Delta t_1$, = volume afluente no intervalo de tempo Δt_1 .

Vemos que $A1'$ é o volume acumulado no intervalo de tempo Δt_1 e, portanto, A é um ponto da curva integral procurada.

Tomemos $F2 = 22'$ e tracemos AB , paralela a O_1F2 .

Os triângulos semelhantes ABJ e O_1F2 dão

$$\frac{AJ}{\delta} = \frac{BJ}{F2}, \quad \frac{\frac{\Delta t_2}{t}}{\delta} = \frac{BJ}{\frac{Q_{a2}}{q}}, \quad BJ = \frac{q_{a2} \Delta t_2}{q t \delta}$$

$$B2' = BJ + J2' = BJ + A1' = \frac{Q_{a2} \Delta t_2}{q t \delta} + \frac{Q_{a1} \Delta t_1}{q t \delta}$$

e vemos que $B2'$ é o volume acumulado no intervalo de tempo $\Delta t_1 + \Delta t_2$.

Assim se prossegue, obtendo-se a curva procurada $OABCD\dots$

Se os volumes forem representados por uma escala v , ou seja, se a unidade de comprimento (cm. p. ex.) representa v metros cúbicos e se q e t são as escalas das vazões e dos tempos, a primeira em $m^3/s/cm$ e a segunda dada em segundos/cm, a distância polar resulta

$\delta = \frac{v}{q t}$ unidades de comprimento. Com efeito, examinemos a ex-

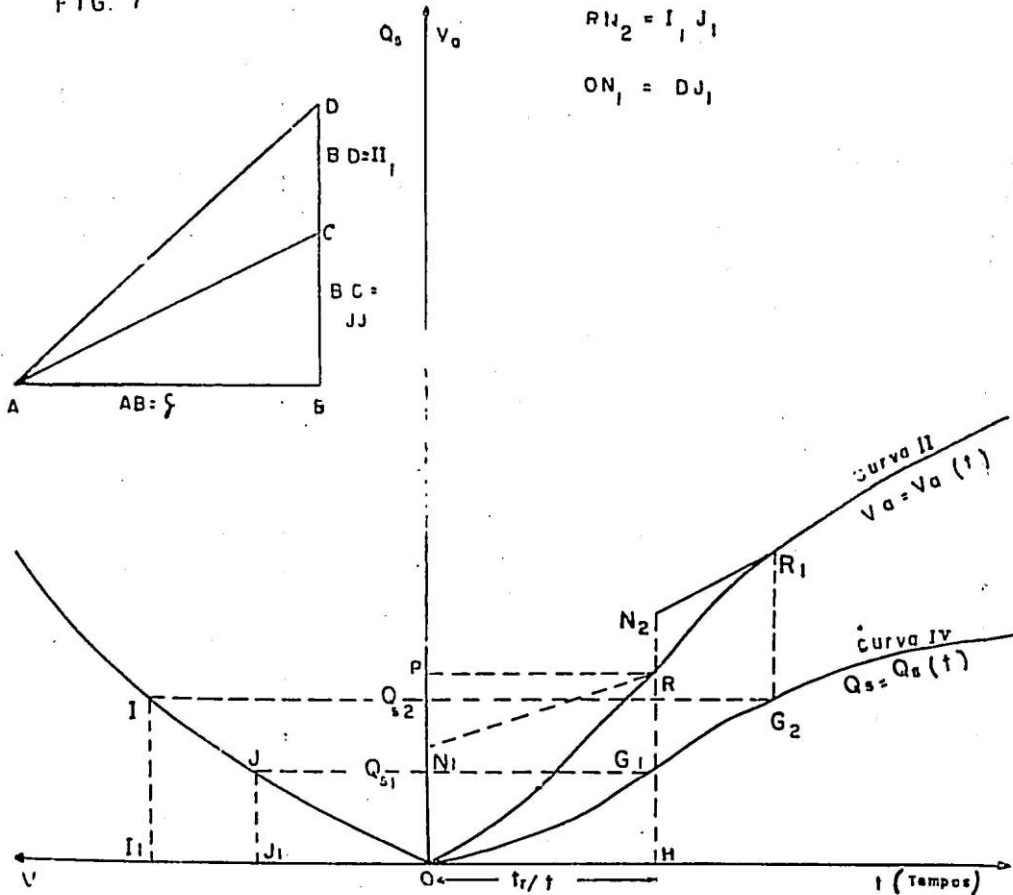
pressão já encontrada $A1' = \frac{Q_{a1} \Delta t_1}{q t \delta}$ donde $\delta = \frac{Q_{a1} \Delta t_1}{A1' q t}$ No-

tando que $A1'$ é um comprimento e que $Q_{a1} \Delta t_1$ é um volume temos, passando às escalas:

$$\delta = \frac{v \text{ m}^3 \text{ cm}^{-1}}{\text{cm cm}^{-1} q \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ cm}^{-1} t \text{ scm}^{-1}} = \frac{v}{q t} \text{ cm}$$

As curvas V e Q_s , dadas na fig. 5 em função de h , permitem obter a curva III, representativa de V em função de Q_s (fig. 7), isto é, $V = V(Q_s)$, variação dos volumes acumulados acima do vertedouro, em função das descargas efluentes.

FIG. 7



O método objetiva, conhecendo os diversos valores Q_{s1}, Q_{s2} , etc de Q_s , (vazões efluentes), determinar os tempos $t_1, t_2 \dots$ correspondentes, isto é, os instantes em que aquelas vazões se verificam. Começaremos, a contar o tempo a partir do instante em que o nível da reprêsa atinge a soleira do sangradouro. O ponto O é, pois, um ponto da curva $Q_s = Q_s(t)$ procurada.

Vejamos como é possível, partindo do ponto O obter-se o ponto da curva $Q_s = Q_s(t)$ correspondente à vazão efluente Q_{s1} dada. Traçemos a paralela ao eixo das abcissas, correspondente à vazão Q_{s1} , a qual irá interceptar em J a curva $V = V(Q_s)$. O valor OJ_1 corres-

ponde ao volume d'água que se acumulou durante o intervalo de tempo em que a vazão efluente variou de 0 a Q_{s1} . Tomemos a partir de O, sobre o eixo das ordenadas, o comprimento ON_1 igual a OJ_1 . Tomemos a distância polar $AB = \delta$, levando $BC = JJ_1$. Liguemos A e C e tracemos por N_1 a paralela a AC, o que irá determinar na interseção com a curva $V_a = V_a(t)$ o ponto R. Tiremos por R a paralela ao eixo das ordenadas, determinando, assim, na interseção com a paralela ao eixo das abcissas correspondentes a Q_{s1} , inicialmente traçada, o ponto G_1 , que será o ponto procurado da curva $Q_s = Q_s(t)$ isto é, OH representará o intervalo de tempo no fim do qual a vazão efluente atingirá o valor dado Q_{s1} . Com efeito se por R traçamos RP paralelo ao eixo das abcissas, os triângulos semelhantes ABC e RPN1 dão:

$$\frac{\delta}{PR} = \frac{BC}{PN_1}, \quad \frac{\delta}{t_R} = \frac{Q_{s1}}{PN_1} \quad \text{donde} \quad PN_1 = \frac{Q_{s1} t_R}{q t \delta}$$

isto é, PN_1 representará o volume efluente no intervalo t_R . Ora, PO representa o volume afluyente no tempo t_R . Por conseguinte PO — PN_1 será o volume acumulado no mesmo intervalo t_R . Ora PO — PN_1 nada mais é do que ON_1 , que por construção representa o volume acumulado no intervalo de tempo em que a vazão passou de 0 a Q_{s1} . Em resumo, t_R é, pois, o tempo no fim do qual a vazão atingiu o valor Q_{s1} .

O ponto G_2 da curva $Q_s = Q_s(t)$ correspondente a vazão Q_{s2} , será obtido traçando-se a paralela ao eixo das abcissas até a interseção em I com a curva $V = V(Q_s)$; tomemos, a seguir, $BD = IJ_1$, e, a partir de R, $RN_2 = IJ_1$. Por N_2 traçar-se-á N_2R_1 paralela a AD e, por R_1 , assim obtido, a paralela ao eixo das ordenadas, até o cruzamento com a paralela ao eixo das abcissas, correspondente à Q_{s2} , inicialmente traçada.

O ponto G_2 será o ponto procurado. E assim prossegue-se sucessivamente, obtendo-se pontos da curva $Q_s = Q_s(t)$.

BIBLIOGRAFIA

A. Ballofeft — L.M. Gotelli — G.A. Meoli — Hidráulica — Tomo II

Boris A. Bakhmeteff — Hidráulica de los Canales

Ü. Streck — Problemas de Hidráulica Aplicada

A. Schäter — Hidraulica Y Construcciones Hidraulicas

Francisco Javier Dominguez S. — Hidráulica

A. Schoklitrch — Arqutetura Hidráulica — Tomo I

Crausse (E) — Hydraulique des Canaux Découverts

DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SÊCAS

AUTARQUIA FEDERAL

Administração Central

Gabinete do Diretor-Geral, Diretorias de Administração, (DA), de Obras e Equipamentos (DOE), de Fomento e Produção (DFP) e demais órgãos centralizados. Fortaleza

Diretoria de Planejamento, Estudos e Projetos (DPEP). Recife

Distritos de Obras

1.º Distrito de Obras	Fortaleza
2.º Distrito de Obras	João Pessoa
3.º Distrito de Obras	Recife
4.º Distrito de Obras	Salvador
5.º Distrito de Obras	Natal
6.º Distrito de Obras	Teresina
7.º Distrito de Obras	Montes Claros
Comissão de Alagôas	Palmeira dos Índios
Comissão de Sergipe	Aracaju

Distritos de Fomento e Produção

1.º Distrito de Fomento	Fortaleza
2.º Distrito de Fomento	Campina Grande
3.º Distrito de Fomento	Arcoverde

Unidades de Recuperação

1.ª Unidade	Fortaleza
2.ª Unidade	Campina Grande

Representações na Guanabara e em Brasília