

CRITÉRIOS DE OPÇÃO NA ESCOLHA DAS ALTERNATIVAS DE OBRAS PÚBLICAS

VALOR PRESENTE (*)

ENG.º MANOEL HENRIQUE C. BOTELHO (**)

1. PRELIMINARES

Com o advento em nosso país do projeto e construção de grandes obras públicas, e com o crescente aumento de prestígio dos estudos de planejamento integrado e de aproveitamento múltiplo, coloca-se aos engenheiros consultores cada vez com maior importância o problema de escolher, dentre várias alternativas, tecnicamente adequadas de uma obra pública, qual a mais vantajosa sob o ponto de vista econômico.

Num país como o nosso, em que os recursos a aplicar são significativamente inferiores às necessidades e considerando-se ainda que os investimentos públicos alcançam significativa parcela dos investimentos totais, conclui-se que torna-se imperiosa a adoção de judiciosa política de aplicação desses investimentos.

2. CRITÉRIOS DE ESCOLHA DE ALTERNATIVAS

Em investimentos públicos ou particulares, onde haja a produção de bens convertíveis em valores, a escolha de alternativas de investimentos é governada, entre outras, pelas variáveis: capital investido, lucro e quantidade de bens produzidos.

Nos empreendimentos particulares o critério de escolha de alternativas visaria obter o maior lucro (juro) sobre o capital investido, aparecendo o problema do custo unitário do produto somente no que diz respeito à sua comercialização. Nos empreendimentos públicos, não havendo objetivo primordial de lucro, a relação mais importante é o capital investido e a quan-

tidade de bens produzidos (ou seja relação custo e benefício). Assim, por exemplo, um critério econômico no estudo da geração de energia é a quantidade de dispêndio necessária para instalar uma certa potência, ou seja, o custo do kilowatt instalado.

Nas obras públicas em que não haja uma produção de bens convertíveis, os critérios de escolha das alternativas deve basear-se em outros critérios que não os já citados.

Antes da implantação das modernas teorias de planificação, o planejamento de obras de pequeno vulto era resolvido baseado em critérios oriundos da acumulação de experiência profissional e na comparação com casos semelhantes. Como não eram aplicados processos de verificação da correção desses critérios, estes permaneceram como verdades sem mácula.

Todavia, com o crescer das obras e com a ampliação do campo do planejamento, os processos empíricos e pessoais revelaram-se impotentes para abarcar as novas dimensões dos problemas.

Face a isso, surgiram para esses casos, processos especiais para orientar como se pode optar entre várias opções de obras públicas (e de interesse privado também).

3. COMPARAÇÃO ENTRE ALTERNATIVAS DE IGUAIS BENEFÍCIOS

Dado um problema sanitário (no nosso caso específico, pode ser um sistema de abastecimento de água, um sistema de afastamento de esgotos ou um sistema de coleta de lixo), formulam-se várias soluções tecnicamente aceitáveis para a sua resolução.

Para efeito de comparação, todas elas deverão ser formuladas para atender a mesma quantidade de beneficiários e deverão ter o mesmo

(*) Trabalho apresentado ao V Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária — Recife, 1969.

(**) Da Promon Engenharia. Ex-engenheiro da PIANIDRO Engenheiros Consultores.

prazo de vida útil, ou sejam, tôdas terão o mesmo benefício. Caso uma das alternativas não esteja na condição citada, poder-se-iam prever soluções adicionais à esta, de maneira a se ter benefícios iguais em tôdas as alternativas em estudo.

Feito desta forma, o único critério de escolha de uma das várias opções será o problema custo, ou seja, deverá ser escolhida a obra globalmente mais econômica.

Esta conclusão que parece óbvia, exige, no entanto, uma série de considerações, que são a seguir abordadas.

4. CUSTO DE UMA OBRA

A palavra custo, talvez pela simplicidade de sua compreensão, comporta uma série de interpretações parciais, confusas e, às vezes, contraditórias. Distinguiremos neste trabalho dois tipos de custo: custo de construção e custo de operação.

4.1. Custo de construção

O custo de construção representa a totalidade dos dispêndios necessários para colocar uma obra em condições de uso.

Compreende assim os seguintes custos parciais principais:

- engenharia da obra (projetos e fiscalização);
- aquisição da área necessária;
- construção civil, mecânica e elétrica;
- treinamento do futuro pessoal da operação.

4.2. Custo de Operação Manutenção e Reposição (O.M.R.)

Os custos de operação, manutenção e reposição representam a totalidade dos custos necessários para bem operar a obra. Compreendem assim os seguintes custos parciais:

- pessoal;
- material de consumo;
- energia elétrica;
- equipamentos de reposição.

O custo de construção apresenta a característica de ser desembolsado em curtos períodos (etapas de obras). O custo de operação ao contrário, existe durante toda a utilização do sistema. A análise conjunta dos dois custos per-

mite caracterizar o aspecto econômico de cada uma das soluções propostas.

Observe-se que é possível elaborar-se para cada opção um cronograma de desembolsos correspondentes ao custeio da construção e da operação.

5. COMPARAÇÃO ENTRE AS ALTERNATIVAS — VALOR PRESENTE

Dadas várias alternativas, tôdas elas tecnicamente adequadas e tôdas elas atendendo ao mesmo número de beneficiários e com mesma vida útil, caberá agora comparando-se os cronogramas de desembolsos, verificar-se qual o mais favorável.

Quando são poucas as alternativas e uma delas apresenta menores custos de construção e operação que as outras, o problema se simplifica. A norma, no entanto, é serem algumas alternativas sensivelmente vantajosas quanto ao custo de construção e desvantajosas no custo de operação, e outras apresentarem características inversas. Nessas situações a opção torna-se uma tarefa complexa.

O problema está então em caracterizar qual seja a mais econômica. Para resolver essa questão foi desenvolvido, entre outras técnicas de planejamento, o conceito de «valor presente» ou «valor descontado» («present worth» em inglês). Esse valor calculado para cada alternativa seria a quantidade de recursos que seria necessária ter-se à disposição na implantação do plano para que colocado a uma taxa de juros i (também denominada taxa de desconto), fôsse capaz de ao longo do prazo de alcance do projeto, custear tôdas as despesas de construção e operação previstas na alternativa. Assim, seja uma alternativa A para a qual estão previstos os seguintes dispêndios (P):

P_0 — na implantação

P_1 — após o tempo t_1

P_2 — após o tempo t_2

P_n — após o tempo t_n (fim do período de projeto).

e seja i a taxa de desconto adotada.

O «valor presente» (V.P.) desta alternativa será:

$$V.P. = P_0 + \frac{P_1}{(1+i)^{t_1}} + \frac{P_2}{(1+i)^{t_2}} + \dots + \frac{P_n}{(1+i)^{t_n}}$$

Tendo-se os V.P. para tôdas as alternativas, será um critério bastante razoável considerar em princípio como obra mais econômica aquela que tenha o menor «valor presente».

Uma técnica também usada no estudo de alternativas é aquela de calcular o «custo anual» correspondente à amortização do empréstimo da construção e ao custo de operação. A grande vantagem da utilização do conceito de «valor presente» é que este índice permite comparar alternativas com cronogramas de desembolso desiguais, situação essa impossível com a utilização do conceito de «custo anual». A importância da aplicação dessa vantagem do «valor presente» está entre outras em se poder admitir o custo de operação da alternativa crescente com o crescimento do número de usuários da obra, fato esse impossível no caso de aplicação do «custo anual».

6. CRITÉRIOS PARA O CÁLCULO DO VALOR PRESENTE

6.1. O problema dos custos de utilização de bens públicos existentes

Optando-se por escolher a alternativa melhor segundo um critério de custos, não há dúvida que devemos utilizar os custos reais, que efetivamente a coletividade se vê forçada a despendar.

Assim, por exemplo, ao se utilizar áreas ou instalações já existentes devemos considerar o seu valor atual, ou seja, caso não fôsse possível o seu uso nesta alternativa, qual o valor de venda desse terreno ou dessas instalações. Desta forma o planejamento não esquece que mesmo as coisas já adquiridas permanecem tendo o seu valor não sendo correto pois anulá-lo.

6.2. Custo de energia elétrica

Um motivo de grandes controvérsias em planejamento sanitário é o problema de estimar os custos de utilização de energia elétrica. A despesa com energia elétrica aparece com enormes destaques nos custos de operação de obras sanitárias pelo que uma correta determinação desses custos é fator essencial.

Como sabemos as entidades públicas (principalmente os serviços de água) pagam pelo uso da energia elétrica uma parcela bastante reduzida do seu valor. Representa essa situação, uma subvenção a este específico da eletricidade, enquanto que outros usos são gravados. Entretanto, a energia elétrica tem um custo próprio, correspondente à sua produção e transmissão.

Por essa razão em estudos de planejamento, as subvenções não são consideradas, levando-se em conta unicamente o custo efetivo de produção da energia. Planejar de outra forma seria prever obras de longo alcance, baseadas em uma situação anômala, onde parcela da população (em geral mais bem aquinhoadas) é subvencionada pela maioria restante, que com grande probabilidade é desservida de qualquer atendimento público.

Outro aspecto que o custo de utilização da energia elétrica apresenta é a característica de variar conforme seja a usina fornecedora.

Tornou-se, portanto, obrigatório fixar um critério para a escolha de qual custo deve ser usado.

As técnicas de planejamento adotaram a norma de que o custo do kwh a ser utilizado será aquele previsto para ser cobrado pela usina elétrica de mais próxima inauguração e que atenderá a zona em planejamento (custo marginal).

Como ilustração, no Plano Diretor, De Esgotamento Das Cidades de Santos e São Vicente, realizado para o Departamento de Obras Sanitárias de São Paulo, pelo convênio PLANIDRO-HODROSERVICE (1969) foram adotados os seguintes custos de utilização de energia elétrica:

— custo anual do kw instalado	NCr\$ 97,00
-- custo de consumo por kwh	NCr\$ 0,0092

6.3. Adoção da taxa de juros

A adoção de uma correta taxa de juros (taxa de desconto) no cálculo do valor presente das alternativas, constitui fator decisivo. Uma imperfeição na sua fixação poderá distorcer completamente os critérios de julgamento das opções em estudo.

A taxa de juros vigente em um mercado reflete as características da situação econômica-financeira do país. Em épocas de expansão econômica, situação em que os empreendimentos necessitam de maior volume de capital que o mercado pode oferecer, os juros tendem a se elevar, acontecendo o inverso na época de recessão.

Dessa forma nos estudos de planejamento a escolha de uma taxa de desconto equivale a prejudicar como está a situação econômico-financeira do país, e quais as perspectivas de sua evolução. A taxa de juros indica a disponibilidade do uso de capital e desta maneira deverá influir decisivamente na escolha da alternativa que apresentar o fluxo de investimento mais

favorável. Taxas de juros baixos recomendariam soluções com grande custo de construção e vive-versa.

Face à essa situação, seria altamente recomendável que as autoridades governamentais ficassem incumbidas da fixação desta taxa, e da sua modificação conforme evoluisse a conjuntura do país. Com essa orientação do poder público ter-se-ia a certeza que os planejamentos regionais estariam realmente enquadrados dentro da conjuntura econômico-financeira do país.

A fixação da «taxa de desconto» já foi efetuada em vários estudos de planejamento, tendo sido os seguintes valores recomendados:

- GEIPOT — (1968) — Recomendou a taxa de 10%.
- Código de Águas — taxa oficial para as empresas de utilidade pública — 10%.
- Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo — Planejamento da bacia do Alto Tietê — 1967-1968 — adotou a taxa de 10%.
- Power Study of South — Central Brazil — Canambra (1967) — adotou a taxa de 9%.
- Departamento de Obras Sanitárias de São Paulo — Convênio Planidro-Hidroservice — Plano Diretor De Esgotamento de Santos e São Vicente — adotou a taxa de 10%.

Ao se abordar um problema de planejamento onde haja empréstimos externos (ou externos), os juros do empréstimo não deverão ser adotados como a «taxa de desconto», como se poderia a princípio supor. Esses empréstimos cobrem apenas parcela do custo de construção, não sendo, portanto, correto usá-lo para decidir obras cujo custo total é várias vezes o valor do empréstimo. A «taxa de desconto» deverá ser aquela que efetivamente interpreta as possibilidades do país em relação ao investimento de recursos.

Como ilustração mostram-se a seguir as «taxas de descontos» recomendadas para vários países:

Estados Unidos	5,5%
França	7 %
Países sulamericanos	10-12%

(Fonte — Seminário Latino-Americano de Energia Elétrica — México/1961 — citado na bibliografia n.º 3).

6.4. Valor residual

Outro cuidado que se deve ter ao calcular o «valor presente» de uma alternativa, será o valor residual que terão as instalações findo o prazo de projeto. Considerando-se que as alternativas apresentam etapas de construção em épocas diversas e utilizam equipamentos com vida útil também desiguais, pode tornar importante considerar o valor residual desses elementos.

Soluções que exijam grandes áreas (por exemplo para estações de tratamento de esgotos) terão a vantagem de não consumir o investimento correspondente à sua compra, podendo reutilizá-la na época do fim do plano.

7. LIMITES DE APLICAÇÃO DOS CRITÉRIOS ECONÔMICOS NOS PROBLEMAS DE PLANIFICAÇÃO SANITÁRIA

7.1 Aspectos de difícil estimativa

Sem dúvida aparecem no planejamento de obras sanitárias alguns aspectos que favorecem ou desfavorecem algumas alternativas e que não podem (ou são muito difíceis) ter seus custos estimados.

São às vezes problemas de origem estética (ex.: possibilidade de extravasamento de estações elevatórias de esgoto). Às vezes são problemas de segurança (ex.: passagem de uma adutora de alto recalque sob uma estrada de ferro).

Outras vezes são aspectos ligados à maleabilidade das alternativas, ou seja, as suas possibilidades de serem bem utilizadas mesmo que a evolução da cidade ou zona não acompanhe as previsões do planejamento.

Esses aspectos qualitativos das alternativas, devem ser considerados apenas na fase final do estudo, quando já foram determinadas as opções mais econômicas da obra. Nesse ponto os aspectos qualitativos poderão ser de bastante utilidade na escolha final da alternativa.

7.2. Serviços auto-suficientes e serviços deficitários

Dado um problema de saúde pública, determinada a sua alternativa mais econômica, fugir dessa solução será no fim do plano dispendioso mais do que seria efetivamente necessário.

Por vezes, entretanto, são escolhidas alternativas que necessitam um menor dispêndio de capital inicial devido não haver condições locais para cobrir um maior desembolso a curto

prazo. Nessas circunstâncias é muito mais vantajoso ir buscar empréstimos externos (de entidades de auxílio ou privadas) do que sacrificar todos os usuários do serviço público durante todo o prazo de vida útil do sistema, pela eleição de uma obra mais onerosa.

Poderão existir outros casos que a alternativa que se apresentou como mais econômica seja inviável do ponto de vista de amortização pelos usuários, sendo que sua implantação daria origem a um serviço deficitário. Essa situação é bastante comum quando são eleitas alternativas com grande custo de construção e reduzido custo de operação.

Nesses casos caberá ao órgão público dirigente optar entre escolher uma solução menos econômica, que representa a longo prazo um gravame para todos, ou escolher a solução mais econômica e subsidiar parcela de sua amortização.

Não há uma regra geral para orientar a escolha de uma das duas soluções.

8. CONCLUSÕES

Pretendeu o autor mostrar que com o evoluir do planejamento, as soluções que definem as grandes obras públicas, não podem mais ser eleitas por critérios pessoais ou subjetivos. Somente o estudo econômico baseado no estudo técnico poderá decidir quais as melhores características de uma obra pública.

O aspecto econômico das alternativas não deverá, entretanto, ser o elemento decisivo final. Determinada a «faixa» de melhores soluções, caberá aos administradores públicos, comparando os aspectos quantitativos e qualitativos do problema, escolher a solução com características globais superiores.

A utilização da técnica do «valor presente» permite uma correta estimativa da faixa de melhores soluções.

9. ANEXO

«Escolha da melhor alternativa para a disposição das águas residuárias de Santos e São Vicente».

O Governo do Estado de São Paulo está empreendendo uma série de estudos e obras para o esgotamento sanitário da Baixada Santista (Santos, São Vicente, Guarujá, Praia Grande e Vicente de Carvalho).

O Departamento de Obras Sanitárias está orientando os trabalhos do Plano Diretor do Esgotamento de Santos e São Vicente, trabalho esse realizado pelo consórcio de firmas consultoras Planidro-Hidroservice.

Santos e São Vicente são duas cidades litorâneas que formam um mesmo complexo urbano, apresentando atualmente uma população de 400.000 habitantes, com forte tendência de crescimento. É a área escolhida pela maioria da população paulistana para o seu fim de semana.

O destino a ser dado aos esgotos sanitários das duas cidades constitui problema primordial de saúde pública.

Durante a elaboração do Plano Diretor foram propostas várias alternativas para a definição do sistema de coleta, tratamento e disposição das águas servidas.

Da análise preliminar do problema foram obtidas as seguintes conclusões:

- três alternativas apresentaram-se flagrantemente superiores às demais;
- foi abandonada a idéia do tratamento secundário dos esgotos, tendo em vista o lançamento superficial do efluente, face ao alto custo de construção e operação das unidades depuradoras. Optou-se, então, por utilizar a técnica do lançamento submarino, precedendo-se um tratamento preliminar ou primário dos esgotos.

A primeira alternativa (denominada sistema 2) prevê o lançamento submarino com o emissário começando em um ponto interno à zona esgotada (ponto próximo à praia de José Menino — ver ilustração n.º 1). A outra alternativa (sistema 3) previa o lançamento submarino com o emissário começando em um ponto externo ao sistema de coleta e mais próximo à cidade de São Vicente (local: Itaipu — ver ilustração n.º 2). A última alternativa (sistema 4) ao contrário do sistema 3 previa o lançamento a partir de um ponto externo próximo a Santos (local: Mumduba — Ilha de Santo Amaro — ver ilustração n.º 3).

Para cada alternativa foram estudadas quatro possibilidades de tratamento das águas residuárias:

- A — tratamento preliminar
- B — flotação dos esgotos
- C — tratamento preliminar + cloração
- D — flotação + cloração

Para cada uma das 12 alternativas então resultantes foram calculadas as extensões dos

emissários submarinos, tendo em vista a proteção das praias de banho.

As extensões dos emissários submarinos resultaram:

Alternativas	A	B	C	D
Sistema 2	6,6	6,0	5,0	3,4
Sistema 3	3,0	2,4	1,6	0,5
Sistema 4	3,0	2,4	1,6	0,3

(Extensões em km)

Definidas tôdas as obras, foram calculados os seus custos de construção e operação durante o prazo de projeto (30 anos).

Foram levadas em consideração as seguintes características:

- tôdas as alternativas apresentaram a mesma viabilidade técnica;
- tôdas as alternativas atenderão ao mesmo número de beneficiários durante o prazo de projeto.

Para cada uma das doze alternativas foi elaborado o cronograma de construção (duas etapas) e o fluxo de desembólso para custear a sua construção e operação.

O Quadro II apresenta, como ilustração, os valores calculados para a alternativa 4-B.

QUADRO II

Cálculo do «valor presente» das despesas de construção e operação

(Sistema 4 — Alternativa B)

Período (anos)	Total orçamento estimativo NCr\$	Total operação e manutenção NCr\$	Total p/ Geral NCr\$	Índice do «valor presente»	«Valor presente» NCr\$	
1970-72	121.260.022,00		121.260.022,00	0,82644	100.214.132,00	
1973-75		6.079.918,00	6.079.918,00	0,62092	3.775.142,00	
1976-78		6.365.862,00	6.365.862,00	0,46650	2.969.674,00	
1979-81		6.627.901,00	6.627.901,00	0,35049	2.323.013,00	
1982-84		6.920.853,00	6.920.853,00	0,26333	1.822.468,00	
1985-87		24.406.564,00	9.258.014,00	33.844.578,00	0,19784	6.695.811,00
1988-90			10.854.678,00	10.854.678,00	0,14864	1.613.439,00
1991-93			11.095.794,00	11.095.794,00	0,11167	1.239.067,00
1994-96			11.367.073,00	11.367.073,00	0,08390	953.698,00
1997-99			11.548.154,00	11.548.154,00	0,06303	727.880,00

Total 122.334.324,00

«Valor presente» da alternativa 4B ~ NCr\$ 122 × 10⁶

Tendo-se os cronogramas de desembólso para as doze alternativas, pôde-se comparar quantitativamente tôdas as soluções.

Para a determinação das melhores soluções calculou-se para cada uma delas o seu «valor presente».

O Quadro I, a seguir, mostra os resultados.

QUADRO I

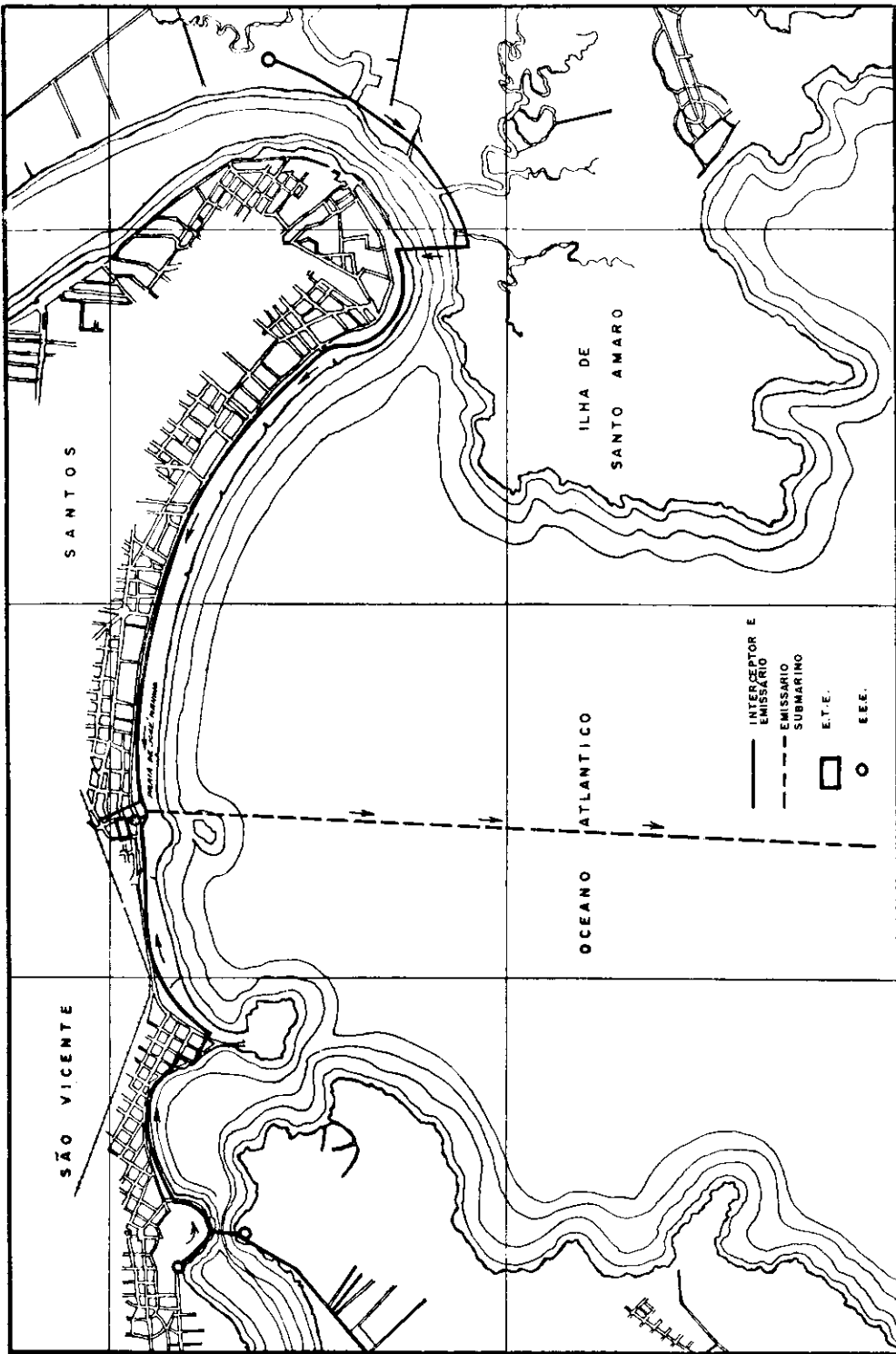
Valor presente em NCr\$ 1.000.000,00

(Custos de construção e operação)

Alternativa de tratamento	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 4
A	103,52	93,39	96,28
B	129,27	117,49	122,33
C	94,19	84,10	83,00
D	112,00	111,09	102,86

O estudo demonstrou que:

- A cloração mostrou ser uma prática economicamente recomendável nos estudos de disposição submarina de águas residuárias, pois as alternativas que a empregavam (C e D) revelaram-se mais vantajosas do que as que não a empregavam (A e B).

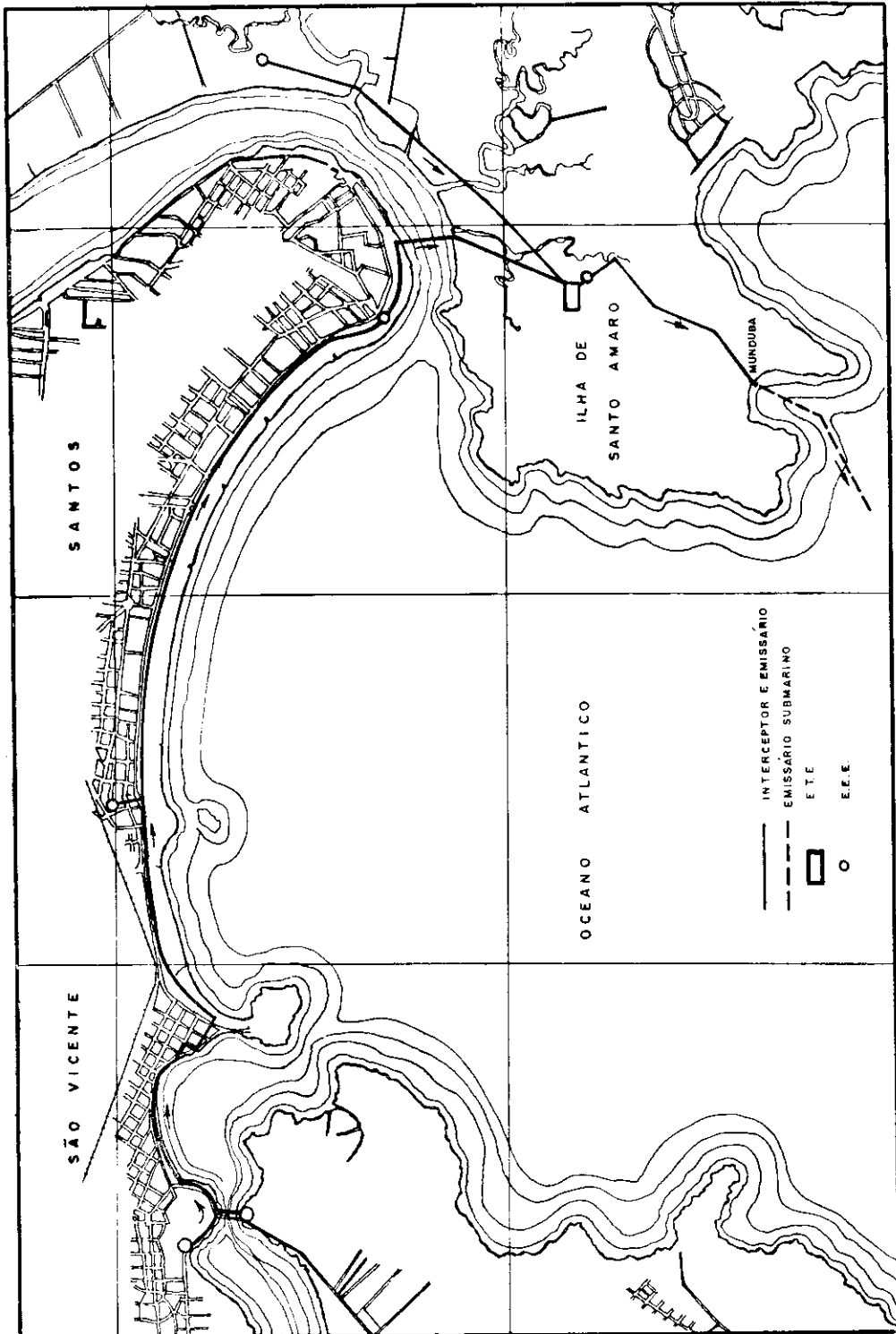


SECR. DE SERVIÇOS E OBRAS
PUBLICAS DE S. PAULO
DEP. DE OBRAS SANITÁRIAS
CONVÊNIO PLANIDRO-HIDROSERVICE

PLANO DIRETOR DE ESGOTAMENTO
DE SANTOS E SÃO VICENTE
SISTEMA 2

PROJ. _____	APR. _____
DES. STIEL-JORGE	DATA JUN. 63
ESQ. _____	N. 1

Proj. V-05 - Formato A = 210x297 mm - 0154
Folha não recortada - 240x330 mm

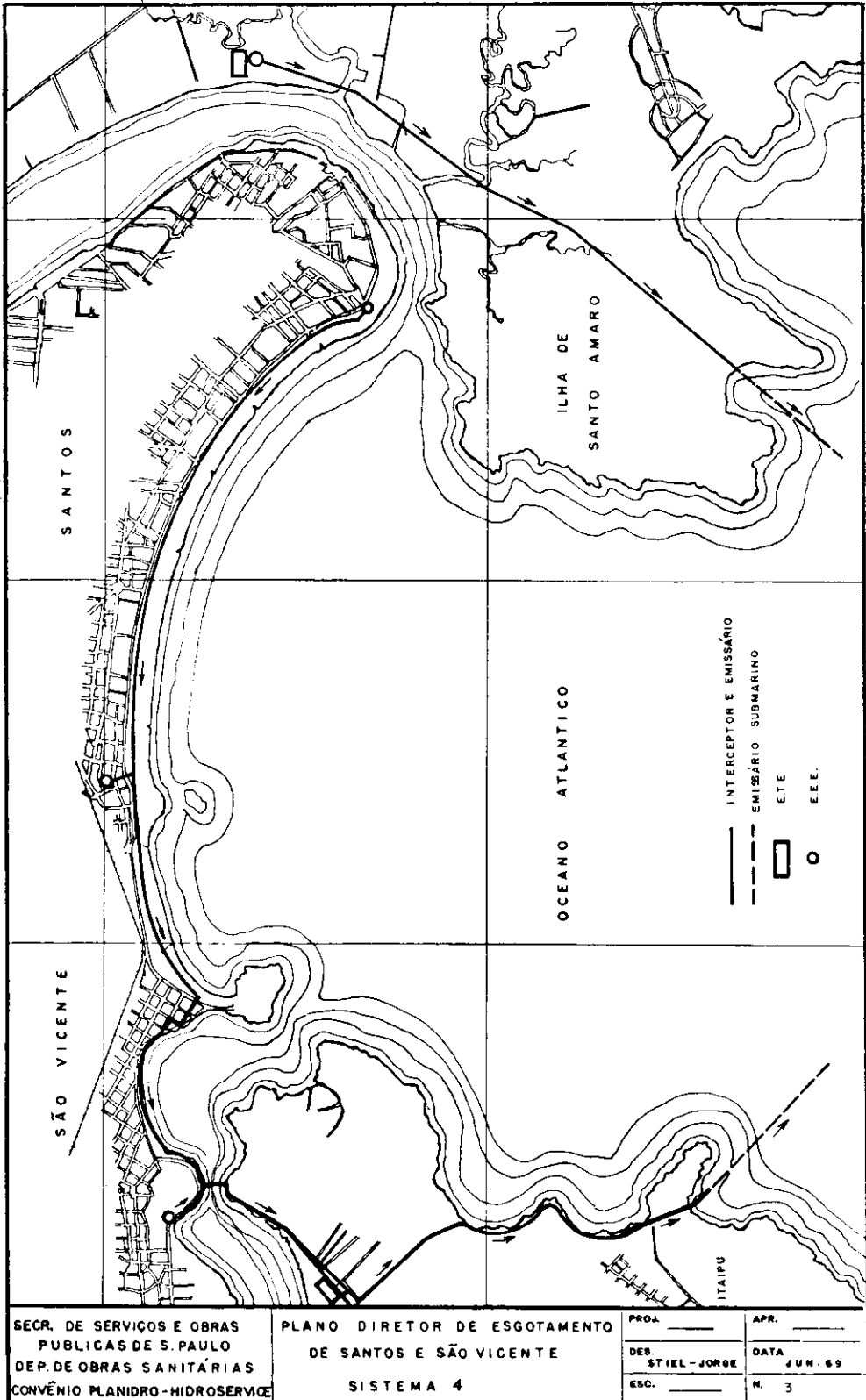


SECR. DE SERVIÇOS E OBRAS
 PÚBLICAS DE S. PAULO
 DEP. DE OBRAS SANITÁRIAS
 CONVÊNIO PLANIDRO-HIDROSERVICE

PLANO DIRETOR DE ESGOTAMENTO
 DE SANTOS E SÃO VICENTE
 SISTEMA 3

PROJ. _____	APR. _____
DES. STIEL-JORGE	DATA JUN. 69
ESQ. _____	N. 2

Revista V-85 - Formato A4 x 210 x 297 mm - 1/12x4
 Folha não recortada - 298 x 328 mm



SECR. DE SERVIÇOS E OBRAS
 PÚBLICAS DE S. PAULO
 DEP. DE OBRAS SANITÁRIAS
 CONVÊNIO PLANIDRO-HIDROSERVICE

PLANO DIRETOR DE ESGOTAMENTO
 DE SANTOS E SÃO VICENTE
 SISTEMA 4

PROJ. _____	APR. _____
DES. STIEL-JORGE	DATA JUN. 69
ESC. _____	N. 3

Modelo V-05 - Formato A4 x 210 x 297 mm - 05124
 Folha não reprodutível - 240 x 220 mm

- b) O tratamento preliminar é econômica-mente vantajoso em relação à flotação (comparar alternativas A e C com B e D).
- c) A alternativa 4C é a que apresenta o menor «valor presente».

A partir destas conclusões, tem agora os administradores públicos elementos concretos para, levando em consideração fatores de difícil estimativa como:

- aspectos de aceitação popular
- possibilidade de mobilização de recursos

decidir qual a melhor diretriz para orientar as fases posteriores do estudo, e pôr fim, a construção das obras.

OBS.: Por facilidade de explanação foi omitido o problema da disposição de esgotos de Vicente de Carvalho, cidade próxima a Santos e localizada na ilha de Santo Amaro. Nos siste-

mas 2 e 3 os esgotos são lançados ao sistema principal. No sistema 4 está prevista uma disposição própria para êsses esgotos.

10. BIBLIOGRAFIA

1. GRANT, Ireson — Principles of engineering economy. 4.^a edição. The Ronald Press Company — New York.
2. RODRIGUES, J. M. Costa — Aspectos Econômicos do Problema de Disposição dos Esgotos. «Curso sobre Lagoas de Estabilização — Faculdade de Higiene e Saúde Pública da Universidade de São Paulo — 1967».
3. ASIMOW, Morris — Introdução ao Projeto de Engenharia. Editora Mestre Jou — 1968.
4. GARCIA C., Eduardo — Relaciones de Beneficios/Costos en los Proyectos Hidroelectricos. Seminário sobre Desenvolvimento Integral de Bacias Hidrográficas — Faculdade de Higiene e Saúde Pública — Junho/1967.
5. Plano Diretor do Esgotamento de Santos e São Vicente — D.O.S. de São Paulo — Convênio Planidro-Hidroservice 1969.