

Estudo comparativo econômico-financeiro para escolha de processo de tratamento de esgoto

JOAQUIM GABRIEL OLIVEIRA MACHADO NETO (1)
ARMANDO FONZARI PERA (2)
NICOLA PACILÉO NETTO (3)

1. ATIVIDADES PRELIMINARES

1.1. GENERALIDADES

A seleção de uma alternativa deve ser feita com base nas características técnicas das várias soluções cotejadas. A mais adequada deve ser sempre aquela capaz de apresentar o melhor desempenho técnico.

Todavia, quando todas as alternativas são tecnicamente equivalentes — e só então — a escolha da mais conveniente deverá ser efetivada mediante uma análise econômica e financeira.

O primeiro passo para tal estudo é o planejamento da implantação das obras e a estimativa dos seus custos ao longo do período de projeto, abrangendo investimentos e despesas de operação, de manutenção e financeiras.

- (1) Engenheiro Civil, Superintendente de Projetos para a Região II e de Redes, Diretoria de Construção — SABESP; Professor de Saneamento Básico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e da Faculdade de Engenharia da Fundação Armando Álvares Penteado.
- (2) Engenheiro Químico, Coordenador de Projetos da Diretoria de Construção — SABESP; Professor da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- (3) Engenheiro Civil, Coordenador de Projetos da Diretoria de Construção — SABESP; Professor da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

1.2. MODULAÇÃO E ETAPAS CONSTRUTIVAS

A concepção modular de construção apresenta-se como a mais adequada, porque não só reduz os investimentos iniciais de implantação da ETE, como também permite a padronização do equipamento e a consequente redução dos estoques de reposição.

Considerando essas vantagens, convém estudar o estagiamento das obras em módulos idênticos, de igual capacidade. A construção desses módulos durante o período de projeto deve ser feita em consonância com o crescimento demográfico previsto e a intervalos razoáveis, de forma a limitar ao mínimo indispensável a ociosidade do sistema; tal procedimento dá flexibilidade ao acompanhamento racional e econômico das necessidades de tratamento ao longo do período de projeto, permitindo a absorção de certas variações imprevisíveis de carga hidráulica ou orgânica. É geralmente aceito um intervalo da ordem de 10 anos entre duas etapas consecutivas de construção.

1.3. ORÇAMENTOS

As estimativas de custo deverão dar uma idéia bastante próxima da realidade, procurando-se não omitir

nenhum elemento importante. Considerar-se-ão os seguintes itens e subitens:

- Desapropriações
- Construção Civil
 - Implantação da obra (canteiro e locação)
 - Serviços preliminares (roçada, capina e raspagem da terra vegetal)
 - Movimento e obras de terra (projeto geométrico considerando fatores de compactação e empolamento, caracterização de jazidas para empréstimo na vizinhança)
 - Obras civis (estaqueamento, rebaiçamento do lençol freático, lastros, fundações, concreto simples e armado, alvenarias, esquadrias etc.)
 - Urbanização e infraestrutura
- Equipamentos (aquisição e montagem)
- Tubulações e acessórios (aquisição e montagem)
- Instalações hidráulico-sanitárias e elétricas (aquisição e montagem)

Para cotar os diversos itens do orçamento ou compor seus custos devem-se adotar preços fornecidos por Concessionárias, ou correntes na praça,

ou constantes de recentes publicações especializadas.

Requer-se a máxima homogeneidade de possível dos preços adotados para orçar as diversas alternativas, a fim de torná-las comparáveis.

1.4. DESPESA DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

Os principais itens a considerar na determinação das despesas de operação e manutenção são os que se referem a pessoal, energia elétrica, transporte e gastos gerais. Na prática, sabe-se que os dois primeiros itens são os principais responsáveis pelos gastos incorridos na operação de uma estação de tratamento.

1.4.1. Despesas com Pessoal

As despesas com pessoal deverão sempre incluir os encargos sociais devidos e serão avaliadas a partir de equipes de operação e manutenção dimensionadas de acordo com a natureza e porte da estação de tratamento.

1.4.2. Despesas com Energia Elétrica

As despesas com energia elétrica abrangerão o custo de consumo e custo de demanda, desde que a potência instalada supere 100 cv, quando se aplicarão as tarifas relativas a alta tensão. Abaixo dessa potência, o cálculo do custo de energia elétrica será efetuado considerando a tarifa de baixa tensão.

O consumo anual será determinado pela fórmula:

$$C = \frac{0,736 \times \gamma \times Q \times H_m \times 24 \times n}{\eta}$$

onde

0,736 = fator de conversão
(0,736 kW = 1 cv)

γ = densidade do esgoto

Q = vazão

Hm = altura manométrica

η = rendimento das bombas

1.5. DESPESAS FINANCEIRAS

As despesas financeiras são calculadas com o auxílio de tabelas apropriadas, uma vez definidas as condições do empréstimo a ser contraído.

São condições do empréstimo:

- Juro anual
- Prazo de carência
- Prazo de amortização

2. ANÁLISE ECONÔMICA E FINANCEIRA

Toda vez que as alternativas em estudo forem tecnicamente equivalentes, a melhor opção a adotar pode ser indicada por uma análise econômica e financeira.

2.1. ANÁLISE ECONÔMICA

Há vários processos, usualmente empregados na análise econômica de alternativas. Recentemente entraram em vigor (01/05/81) as Circulares COSAN 01/08 e 02/81, publicadas pelo BNH quando este trabalho já estava praticamente concluído. Tais circulares estabelecem novas diretrizes para a seleção de alternativas em Relatórios Técnicos Preliminares. Dada a impossibilidade material de adotar estas diretrizes, o exemplo ora apresentado foi desenvolvido segundo um dos mais divulgados critérios analíticos, o qual é conhecido como o Critério do Valor Presente.

2.1.1. Critério do Valor Presente

O total das despesas alocado às diferentes alternativas (operação e manutenção, investimentos, reposições etc.), é atualizado numa data base, mediante a aplicação de uma ou mais taxas de desconto.

Tem-se portanto:

$$VP = \sum_{i=1}^n (\text{custo } i \times \text{fator multiplicativo } i)$$

Onde:

VP = valor presente

custo i = custo num particular ano

fator i = fator representativo da taxa de desconto pré-selecionada no ano i

n = número de anos

2.1.2. Taxa de Desconto

A taxa de desconto representa, em linhas gerais, o custo de oportunidade pelo capital investido, custo este derivado dos juros incidentes sobre o empréstimo contraído.

Geralmente, os empréstimos concedidos ao financiamento de obras sanitárias possuem juros subsidiados, desde que haja a necessidade de efetuar-se a análise econômica também com uma taxa de desconto que reflita o custo do dinheiro no mercado financeiro.

Usualmente emprega-se as taxas de desconto de 5% a 8% como sendo aquelas representativas de um empréstimo subsidiado e de 10% a 12% quando se deseja avaliar a alternativa segundo uma taxa de mercado.

Uma vez escolhida a taxa de desconto, as tabelas de matemática financeira mostrarão os fatores a multiplicar pelos custos anuais relativos a um particular ano.

A fórmula que permite obterem-se os fatores multiplicativos para uma certa taxa de desconto é dada por

$$FM = \frac{1}{(1 + i)^n}$$

Onde:

i = taxa de desconto

n = ano (1,2, ...)

2.1.3. Resultado da Análise Econômica

Pelo critério do valor presente, a alternativa que apresentar a menor somatória de custos atualizados deverá ser adotada como mais viável, pois é a que requer menor alocação de recursos.

2.1.4. Análise de Sensibilidade

A avaliação da análise econômica é feita através da análise de sensibilidade, mediante o estabelecimento de hipóteses cuja aplicação conduz a resultados que permitem aferir a validade do resultado inicialmente obtido.

Admitindo-se, por exemplo, superestimações nos custos de operação e manutenção ou nos investimentos de uma alternativa, é possível, com nova análise econômica, verificar o nível de imprecisão que uma alternativa apresenta em seleção às demais.

A partir daí, caberá ao analista decidir, de acordo com seu bom-senso até que nível essa imprecisão é tolerável.

2.2. ANÁLISE FINANCEIRA

Para desempatar o cotejo ou reiterar a superioridade de uma das alternativas, faz-se a análise da sua viabilidade financeira, podendo-se aplicar, en-

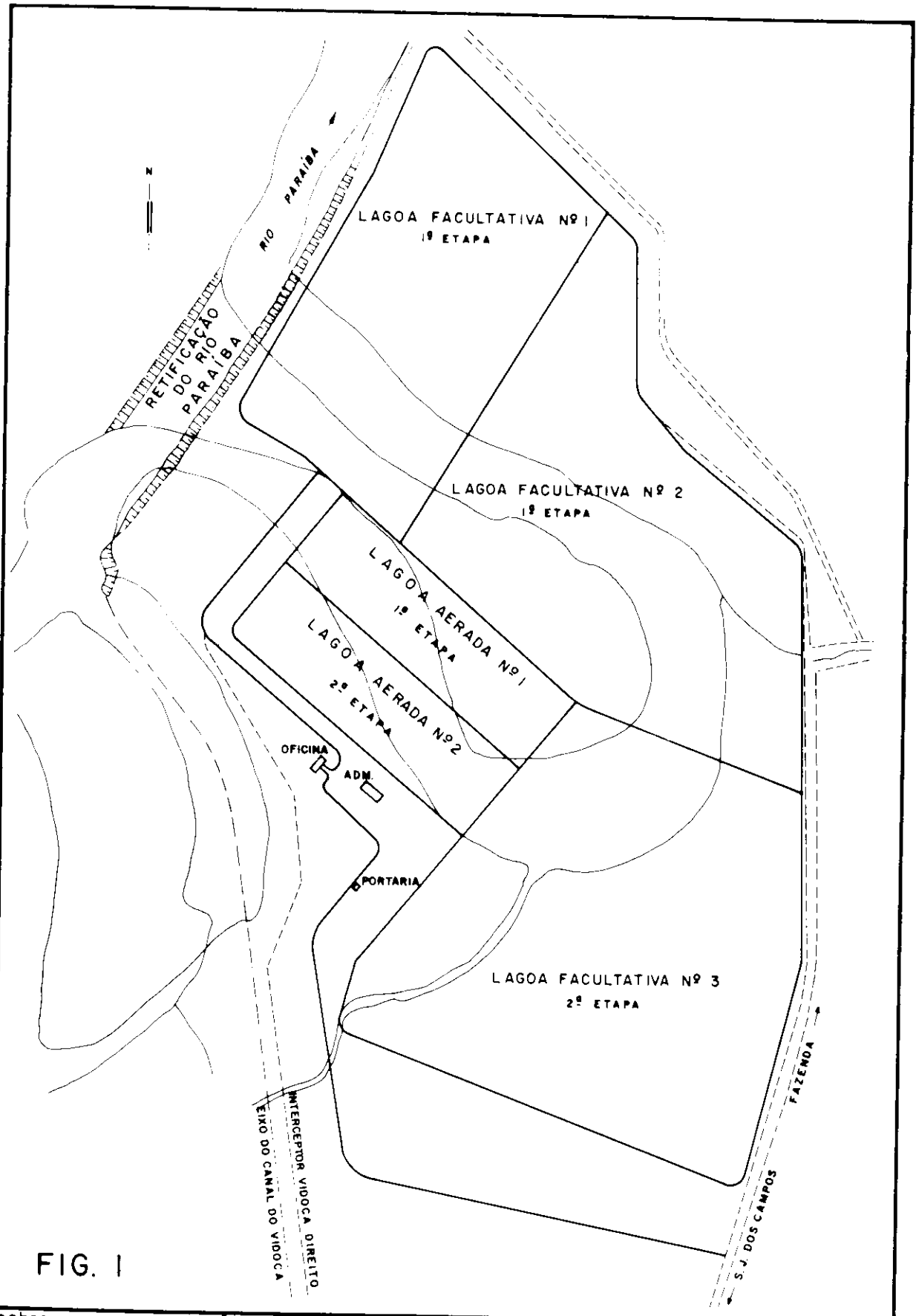



FIG. 1

sabesp - VISTO E ACEITO		companhia de saneamento básico do estado de são paulo			Nº I	
ANALISADO		DIRETORIA DE CONSTRUÇÃO			R	FL
ACEITO		ÁREA PROJ. SIST. DE ESGOTOS DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS			Nº CONTRATADA	
VISTO		SUB-ÁREA PROJ. ETE VIDOCA - LAGOAS			ESCALA	
EXECUTADO POR		DES		APROVADO POR		
SONDOTÉCNICA S.A.		PROJ		ASS	CREA	

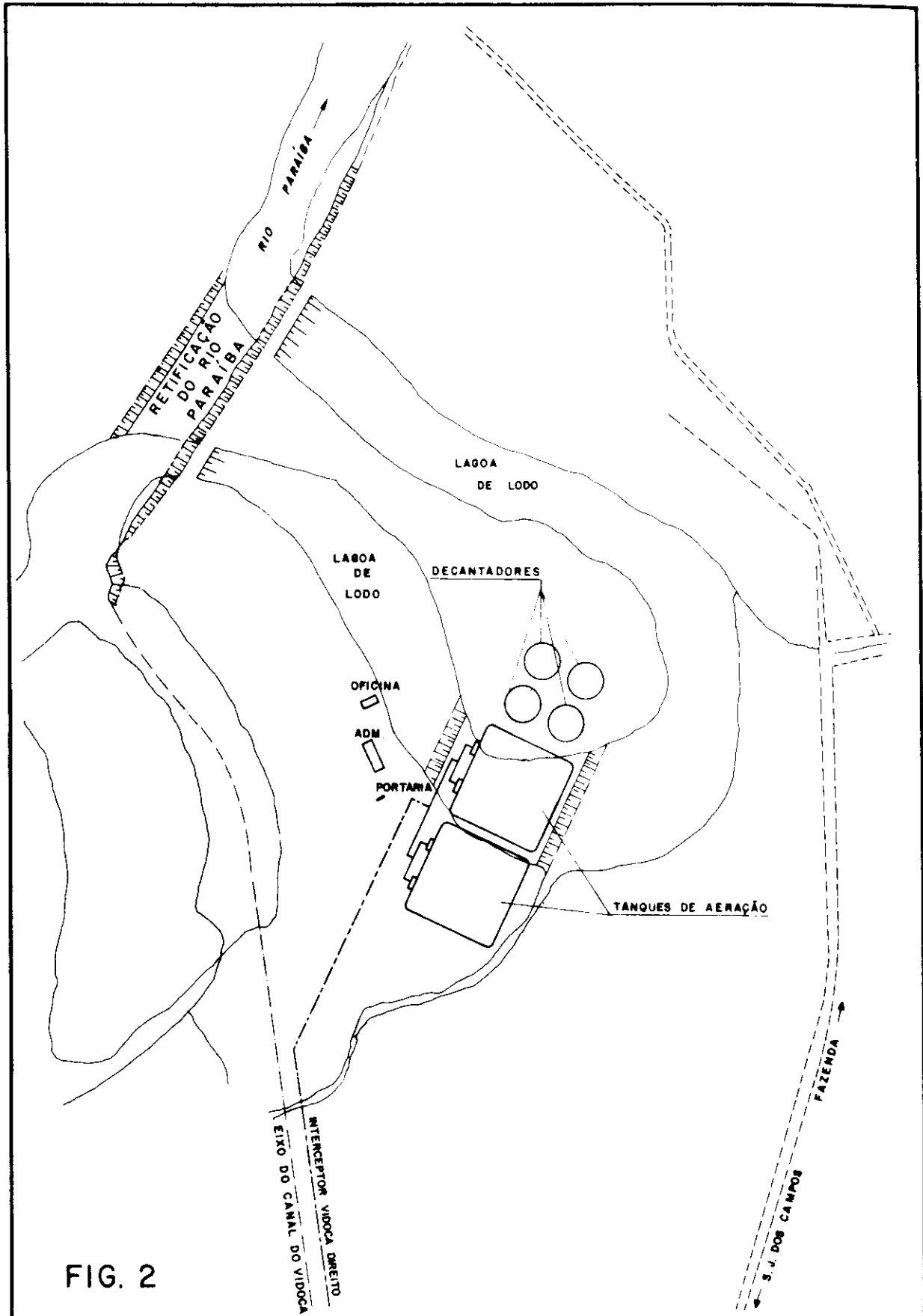



FIG. 2

SABESP - VISTO E ACEITO		companhia de saneamento básico do estado de são paulo			Nº	2
ANALISADO	/ /	DIRETORIA DE CONSTRUÇÃO			R	FL
ACEITO	/ /	ÁREA PROJ. SIST. DE ESGOTOS DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS		Nº CONTRATADA		
VISTO	/ /	SUB-ÁREA PROJ. ETE VÍDOCA - AERAÇÃO PROLONGADA		ESCALA		
EXECUTADO POR		DES.	/ /	APROVADO POR		
SONDOTÉCNICA S.A.		PROJ.	/ /	ASS	CREA	/ /

tre outros, o método da tarifa de equilíbrio.

2.2.1. Tarifa de Equilíbrio

Conceitualmente, toda tarifa deve estar vinculada à prestação de um serviço que possa ser medido ou avaliado quantitativamente.

O método da tarifa de equilíbrio parte da premissa de que todos os custos incorridos devem ser cobertos por uma tarifa a ser aplicada ao consumo. Assim, de um lado, tem-se o custo anual total (financeiro e de exploração do serviço) e do outro, a vazão média estimada. A relação entre ambos representa o valor a ser imputado à unidade de volume a tratar, a fim de se atingir o equilíbrio entre receitas e despesas.

Segundo essa conceituação, tem-se anualmente um valor a ser atribuído a cada m³ de esgoto tratado.

O valor médio obtido durante o período selecionado para estudo conseguirá cobrir os custos totais tanto na fase inicial do processo, onde os custos são elevados e a vazão reduzida, bem como nos anos finais de estudo, onde uma parcela dos custos financeiros já terá sido amortizada e a vazão terá crescido em função do próprio desenvolvimento da cidade.

Pelo critério da tarifa de equilíbrio igualmente dever-se-á optar pela alternativa que mostrar a menor tarifa média durante o período selecionado.

3. APLICAÇÃO PRÁTICA DO ROTEIRO SUGERIDO

3.1. PRELIMINARES

À guisa de ilustração, apresenta-se, a seguir, um exemplo da aplicação prática do roteiro sugerido. Reproduzem-se aspectos importantes de um estudo econômico-financeiro de alternativas, visando à definição do tipo de tratamento a adotar para os esgotos da bacia dos ribeirões Vidoca e Ressaca, na cidade de São José dos Campos, Estado de São Paulo.

Abstraem-se pontos singulares que nada acrescentariam aos objetivos deste trabalho.

Via de regra, o sistema de tratamento de esgotos através de lagoas de oxidação é economicamente mais viável que os demais processos quando há disponibilidade de áreas de baixo preço para a sua instalação.

Tal era o caso de São José dos Campos alguns anos atrás.

Todavia, com a promulgação da Lei Municipal n.º 2263/80, de 04 de

janeiro de 1980, que dispõe sobre o parcelamento, uso e ocupação do solo daquele município, sua área urbanizável foi consideravelmente expandida, abrangendo o terreno que vinha sendo pretendido para se implantar ou ampliar a estação de tratamento dos esgotos da bacia dos ribeirões Vidoca e Ressaca.

Além de emprestar a tal área uma grande valorização, aquelas disposições legais vêm acelerando a sua ocupação com loteamentos de padrão médio. Nessas condições, o preconício da solução "lagoa de oxidação" para tratamento dos esgotos de uma das bacias da cidade-berço das lagoas de oxidação teve de ser reavaliado. A exigência de extensas áreas agora extremamente valorizadas e, sobretudo, a exposição das populações circunvizinhas atuais e futuras aos seus possíveis inconvenientes de natureza estética — fonte, a curto prazo, de tão previsível quão sério problema social e político — levou a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo — SABESP a promover aquela reavaliação.

3.2. GRAU DE TRATAMENTO

O grau de tratamento necessário foi estabelecido a partir das condições exigidas nas legislações federal e estadual.

No caso de São Paulo, a definição dos padrões de emissão de efluentes nas águas superficiais é fixada pela Lei n.º 997, de 31 de maio de 1976, cuja regulamentação foi publicada no Diário Oficial n.º 171, de 09 de setembro de 1976, e figura na Seção II — "Dos Padrões de Emissão".

No artigo 18, item V, da Seção II dessa regulamentação, consta o seguinte:

- "DBO cinco dias, 20°C no máximo de 60 mg/l. Este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de Sistema de Tratamento de Águas Residuárias que reduza a carga poluidora em termos de DBO cinco dias, 20°C de despejo em no mínimo 80%".

A eficiência a se obter nas estações de tratamento de esgotos deverá ser, portanto, superior a 80% na redução de DBO.

3.3. PROCESSOS DE TRATAMENTO ESTUDADOS

Para tratar as águas residuárias da bacia dos ribeirões Vidoca e Ressaca, estudaram-se processos biológicos com a eficiência exigida, nos quais a ação de microrganismos resulta na coagula-

ção e conseqüente remoção dos sólidos coloidais não sedimentáveis e na estabilização da matéria orgânica presente nos esgotos. Tais processos consistem, basicamente, em oferecer aos microrganismos as melhores condições ambientais possíveis, criando-as e mantendo-as sob controle. Os processos selecionados para este exemplo foram os seguintes:

- Lagoa de oxidação aerada seguida de lagoa facultativa e
- Lodos ativados por aeração prolongada convencional

Qualquer dos dois pode ser tecnicamente recomendado para receber e tratar os esgotos de bacias do porte em foco (Figuras 1 e 2).

Segue-se uma descrição sucinta de cada um desses processos:

- Lagoa aerada seguida de facultativa

O tratamento biológico no processo de lagoas aeradas efetua-se principalmente pela aeração mecânica do esgoto bruto, mantendo-se nas lagoas uma turbulência capaz de garantir a distribuição uniforme de oxigênio por toda a área, mas insuficiente para manter os sólidos em suspensão. Em conseqüência disto, acumulam-se no fundo os sólidos inertes e biológicos, ocorrendo, assim, uma decomposição anaeróbia.

O efluente das lagoas aeradas é encaminhado às lagoas facultativas, onde ocorrem, simultaneamente, os processos de fermentação anaeróbia, oxidação aeróbia e redução fotossintética.

- Lodos ativados por aeração prolongada convencional

Os flocos de lodo ativado constituem um ecossistema gelatinoso, no qual vivem bactérias, protozoários e outros protistas. A depuração de esgoto origina-se quando sua matéria orgânica é assimilada pelos microrganismos, transformando-se na massa viva dos flocos. Por este processo, a matéria orgânica dissolvida ou em suspensão coloidal é transformada em sólidos sedimentáveis, que podem ser eliminados do efluente por decantação.

No processo de aeração prolongada convencional procura-se manter na célula de aeração mecânica uma alta concentração de microrganismos com uma pequena quantidade de matéria orgânica, mediante recirculação dos lodos ativados, e a conseqüente diluição do esgoto bruto.

3.4. DADOS DE PROJETO

Resumem-se, a seguir, as informações em que se baseou o dimensiona-

ANO	Domésticas		Industriais		Infiltração	Total	
	Média	Máxima	Média	Máxima		Média	Máxima
1	132,70	238,85	52,00	76,99	101,17	285,87	417,01
2	143,06	257,51	55,29	81,83	102,86	301,21	442,20
3	154,30	277,74	58,58	86,70	104,55	317,43	468,99
4	166,50	299,70	61,87	91,57	106,24	334,61	497,51
5	179,76	323,57	65,16	96,44	107,93	352,85	527,94
6	194,20	349,56	68,45	101,31	109,62	372,27	560,49
7	209,95	377,91	71,74	106,18	111,31	393,00	595,40
8	227,16	408,89	75,03	111,04	113,00	415,19	632,93
9	246,01	442,82	78,32	115,91	114,69	439,02	673,42
10	266,71	480,07	81,61	120,78	116,38	464,70	717,23
11	289,49	521,08	84,90	125,65	118,07	492,46	764,80
12	314,63	566,36	88,19	131,82	119,76	522,60	817,94
13	342,52	616,53	91,48	136,74	121,45	555,45	874,72
14	373,50	672,30	94,77	141,65	123,14	591,41	937,09
15	408,08	734,55	98,06	146,57	124,83	630,97	1 005,95
16	446,83	804,30	101,35	151,49	126,52	674,70	1 082,31
17	490,45	882,81	104,64	156,41	128,21	723,30	1 167,43
18	539,76	971,58	107,93	161,32	129,90	777,59	1 262,80
19	595,80	1 072,44	111,22	166,24	131,59	838,61	1 370,27
20	659,78	1 187,61	114,51	171,16	133,28	907,57	1 492,05
21	733,33	1 320,00	117,80	176,08	134,95	986,08	1 631,03

QUADRO 1 - Projeções das Vazões da Bacia do Vidoca e Ressaca (l/s)

Ano	Vazão de Infiltração (l/s)	Vazão Máxima (l/s)			Carga Poluidora kg DBO/dia		
		Horária (Doméstica)	Industrial	Total	Industrial	Doméstica	Total
1	101,17	238,85	76,99	417,01	1.797	3.869	5.666
2	102,86	257,51	81,83	442,20	1.911	4.172	4.172
3	104,55	277,74	86,70	468,99	2.025	4.499	6.524
4	106,24	299,70	91,57	497,51	2.138	4.855	6.993
5	107,93	323,57	96,44	527,94	2.252	5.242	7.494
6	109,62	349,56	101,31	560,49	2.366	5.663	8.029
7	111,31	377,91	106,18	595,40	2.479	6.122	8.601
8	113,00	408,89	111,04	632,93	2.593	6.624	9.217
9	114,69	442,82	115,91	673,42	2.706	7.174	9.880
10	116,38	480,07	120,78	717,23	2.820	7.777	10.597
11	118,07	521,08	125,65	764,80	2.934	8.441	11.375
12	119,76	566,36	131,82	817,94	3.048	9.175	12.223
13	121,45	616,53	136,74	874,72	3.162	9.988	13.150
14	123,14	672,30	141,65	937,09	3.275	10.891	14.166
15	124,83	734,55	146,57	1.005,95	3.389	11.900	15.289
16	126,52	804,30	151,49	1.082,31	3.503	13.030	16.533
17	128,21	882,81	156,41	1.167,43	3.616	14.301	17.917
18	129,90	971,58	161,32	1.262,80	3.730	15.740	19.470
19	131,59	1.072,44	166,24	1.370,27	3.844	17.374	21.218
20	133,28	1.187,61	171,16	1.492,05	3.957	19.239	23.196
21	134,95	1.320,00	176,08	1.631,03	4.073	21.384	25.457

Esgoto Doméstico - 54 g DBO/hab x dia

Esgoto Industrial - 400 g DBO/m³ (Para Q_{média})

QUADRO 2 - Evolução da Vazão Máxima e da Carga Poluidora Vidoca & Ressaca

mento das Estações de Tratamento cotejadas.

3.4.1. Vazões de Contribuição

Os resíduos líquidos afluentes a esta estação serão compostos por uma mistura de esgotos domésticos e despejos industriais, o que constitui a premissa básica para o tratamento.

O Quadro 1 apresenta a evolução das vazões de projeto, tanto as domésticas como as industriais, e também as de infiltração.

3.4.2. Cargas Poluidoras

No Quadro 2 figura, ano a ano, a evolução das máximas vazões e respectivas cargas de DBO.

3.5. ORÇAMENTOS DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO

Em cada alternativa, a respectiva estação foi dimensionada para as vazões e cargas de fim de plano, e, com base no projeto, na modulação e no estagiamento proposto, orçaram-se os seus custos de implantação, operação e manutenção, de modo a possibilitar uma escolha segura e bem fundamentada.

A fim de se reduzirem os custos de implantação, a solução por aeração prolongada convencional teve suas unidades de aeração projetadas para construção em diques de terra, procedimento já consagrado pelo uso, tanto no Brasil como no exterior.

Em ambos os processos, as estações foram projetadas em dois módulos, cada qual capaz de tratar a vazão esperada para um horizonte de 10 anos. Prevêem-se duas etapas de construção (Cf. item 1.2).

Para a estimativa do custo de cada alternativa, foram considerados os orçamentos feitos pela SONDOTÉCNICA S.A. (Consultora encarregada da elaboração dos projetos).

Conservada a itemização constante desses projetos, os preços foram atualizados para maio de 1981, procurando-se chegar a um custo o mais próximo possível da realidade atual.

O Quadro 3 fornece o resumo desses orçamentos, para as duas etapas de construção (Cf. item 2.3.).

3.6. ANÁLISE ECONÔMICA E FINANCEIRA

Considerando que, do ponto de vista técnico, ambas as alternativas são viáveis, a seleção da melhor foi feita mediante uma análise econômica, seguida de análise financeira.

Cr\$1.000,00 (MAI/81)

Alternativa	Lagoa Aerada + Facultativa	Aeração Prolongada Convencional
1ª Etapa	1.280.027,3	870.762,7
2ª Etapa	136.017,9	281.510,1
TOTAL	1.416.045,2	1.152.272,8

QUADRO 3 – Resumo dos Investimentos por Alternativa e por Etapa.

Para isso, em cada alternativa levaram-se em conta, de acordo com o estagiamento considerado, os custos de implantação, bem como os de operação e manutenção.

Os custos de implantação foram estimados conforme descrito no item 1.3.

Para estimar as despesas com mão-de-obra, dimensionaram-se equipes de operação e manutenção compatíveis com o porte da estação e a complexidade do respectivo processo de tratamento.

Os salários foram estimados levando-se em consideração os valores médios dos ordenados pagos pela SABESP às categorias profissionais envolvidas na operação de cada estação. A esses valores foram agregados 31,5% representativos dos encargos sociais devidos. Cumpre salientar que a mão-de-obra empregada não irá variar quando entrar em operação a 2ª etapa do sistema.

Para o consumo de energia elétrica dos componentes do sistema, considerou-se um funcionamento diário e contínuo de 24 horas.

Foram utilizados para o cálculo das despesas com energia elétrica os preços vigentes em maio de 1981 (Concessionária: ELETROPAULO), cujos valores se discriminam a seguir

Subgrupo A4 - De 2,3 kV a 13,8 kV

- consumo Cr\$ 836,80/1.000 kWh
- demanda Cr\$ 507,20/kW mês

Na atualização dos valores monetários dos custos envolvidos levaram-se em conta "taxas de desconto" pré-fixadas. No presente caso, empregaram-se as taxas de desconto de 5% e 11% ao ano, que representam, respectivamente, os custos de oportunidade para o capital investido pela SABESP e a taxa de remuneração de uma aplicação monetária usual no mercado financeiro.

3.6.1. Avaliação dos Custos

– Custos de Mão-de-Obra (Cf. item 1.4)

Na estação do Vidoca, o quadro de pessoal para os dois processos de tratamento seria composto por:

Lagoa Aerada	
Cargo	Quantidade de Pessoal
Químico	0,2
Aux. de Químico	0,2
Operador ETE	1,0
Aux. de Operador	3,0
Mecânico Eletricista	0,2
Aux. de Mecânico	0,2
Porteiro-Vigia	4,0
Serventes	4,0

Aeração Prolongada	
Cargo	Quantidade de Pessoal
Químico	0,5
Aux. de Químico	0,5
Operador ETE	4,0
Mecânico Eletricista	0,5
Aux. de Mecânico	0,5
Porteiro-Vigia	4,0
Serventes	8,0

Do quadro de pessoal excluem-se aquelas funções comuns aos dois processos, tais como: almoxarife, escriturário, chefe da ETE, e outros cujo exercício independe do processo de tratamento. Para algumas categorias admitiu-se utilização parcial do tempo diário.

Os salários anuais e encargos sociais despendidos para as duas alternativas a preços de maio de 1981 seriam aproximadamente:

Cr\$ 1.000,00 (Mai/81)

Lagoa Aerada
Cr\$ 2.443,2

Cr\$ 1.000,00 (Mai/81)

Aeração Prolongada
Cr\$ 4.734,0

Custos de Energia Elétrica (Cf. item 1.4)

No tocante à determinação dos gastos com energia elétrica, admitiu-se que a potência instalada (em cv) nos dois processos, fazendo 1 cv = 0,736 kW

seria de:

Lagoa Aerada	
1ª Etapa	2ª Etapa
641,5	1.281,5

Aeração Prolongada	
1ª Etapa	2ª Etapa
1.755,0	3.419,0

Aplicando as já citadas tarifas da ELETROPAULO, chega-se ao seguinte gasto anual com energia elétrica:

Cr\$ 1.000,00 (Mai/81)

Lagoa Aerada		
	1ª Etapa	2ª Etapa
Demanda	2.873,7	5.740,6
Consumo	3.461,0	6.913,9
Total	6.334,7	12.654,5

Cr\$ 1.000,00 (Mai/81)

Aeração Prolongada		
	1ª Etapa	2ª Etapa
Demanda	7.861,7	15.315,7
Consumo	9.468,5	18.446,0
Total	17.330,2	33.761,7

3.6.2. Análise das Inversões (Cf. item 1.4)

Cabe destacar que dentro do estudo econômico analisa-se a vida útil de cada item dos sistemas de tratamento.

Obviamente, por possuírem poucos equipamentos, as lagoas aeradas necessitarão de pequenas reposições durante o período selecionado para estudo, fixado no presente caso em 20 anos. Em contrapartida, o processo de aeração prolongada necessitará de maiores reposições, dada sua maior complexidade operacional.

O orçamento da duas alternativas pode ser estimado em:

Cr\$ 1.000,00 (Mai/81)

Lagoa Aerada		
	1ª Etapa	2ª Etapa
Terrenos	685.800,0	-
Construção Civil	358.061,1	37.645,3
Equip. (*)	101.951,0	62.750,0
Serv. preliminar	134.215,2	35.622,6
TOTAL	1.280.027,3	136.017,9

Cr\$ 1.000,00 (Mai/81)

Aeração Prolongada		
	1ª Etapa	2ª Etapa
Terrenos	147.600,0	-
Construção Civil	410.085,1	130.749,7
Equip. (*)	248.195,2	123.551,2
Serv. preliminar	64.882,4	27.209,2
TOTAL	870.762,7	281.510,1

(*) Inclui instalações elétricas e tubulações.

O orçamento apresentado pode ser desmembrado de acordo com a vida útil de cada um de seus itens, com a finalidade de verificar-se a reposição de bens depreciados. Mostra-se, no Quadro 4, o orçamento subdividido de acordo com a vida útil de cada componente.

Cr\$1.000,00 (Maio/81)

Itens do Investimento	Vida Útil Admitida (Em Anos)	Lagoa Aerada		Aeração Prolongada	
		1ª Etapa	2ª Etapa	1ª Etapa	2ª Etapa
<u>Obras Cíveis</u>	50	358.061,1	37.645,3	410.085,1	130.749,7
Estruturas em concreto; movimento e obras em terra; edificações					
<u>Instalações Elétricas e Tubulações</u>	30	22.805,7	10.230,0	95.792,1	26.960,6
<u>Equipamentos (I)</u>	20	27.595,3	2.120,0	73.064,3	23.766,0
Comportas; grades; ponte rolante; sopradores; removedor de lodo; bombas-parafuso					
<u>Equipamentos (II)</u>	10	51.550,0	50.400,0	79.338,8	72.824,6
Conjuntos motor-bomba; aeradores; lavadores de areia; vertedores; difusores de ar					
<u>Serviços Preliminares e Montagens</u>	zero	134.215,2	35.622,6	64.882,4	27.209,2
<u>Terrenos</u>	Infinita	685.800,0	-	147.600,0	-
TOTALS	-	1.280.027,3	136.017,9	870.762,7	281.510,1

Terrenos : Lagoa Aerada = 762.000 m²
Aeração Prolongada = 164.000 m²

QUADRO 4 - Subdivisão do Orçamento Segundo a Vida Útil de Cada Componente.

3.6.3. Análise de Viabilidade Econômica (Cf. item 1.4)

A seleção da alternativa mais viável sob o ponto de vista econômico, feita pelo critério do valor presente, mostrou os resultados resumidos nos quadros 5 e 6.

Os valores obtidos para as duas taxas de desconto conduzem a idêntico resultado: a melhor opção, sob o ponto de vista econômico, repousa na alternativa B – Aeração Prolongada – apesar de ter a mesma, na 1ª etapa, custos anuais de operação e manutenção maiores em 151% que aqueles incorridos pela alternativa A – Lagoa Aerada.

A inversão inicial em desapropriações necessárias às instalações de tratamento por lagoas é elevada, sendo esse fator responsável pelos valores registrados e que permitem apontar, como melhor alternativa, o sistema de aeração prolongada (Quadro 7).

3.6.4. Análise da Viabilidade Financeira (Cf. item 1.5)

A viabilidade da alternativa Aeração Prolongada foi verificada também pelo aspecto financeiro, mais especificamente pela tarifa de equilíbrio.

É oportuno observar que, neste exemplo, as tarifas de equilíbrio apresentadas têm uma finalidade meramente comparativa.

O investimento proposto para os dois processos é financiado em parcelas iguais pelos sistemas BNH e FAE. De acordo com o tempo em que deverão ser amortizados os empréstimos contraídos tem-se um custo financeiro a ser somado às despesas de exploração, resultando no custo total anual procurado.

Para São Paulo, os empréstimos contraídos obedecem as seguintes condições:

- Prazo de amortização 18 anos
- Juro anual pago ao BNH 8%
- Juro anual pago ao FAE-SP 2%
- Sistema de amortização Tabela Price

Exemplo Prático (Lagoa Aerada – 1ª etapa – Inversões)

$$18 \text{ anos} - \text{fator anual } 8\% = 0,10670 \times \frac{1.280.027,3}{2} = 68.289,5$$

$$18 \text{ anos} - \text{fator anual } 2\% = 0,6670 \times \frac{1.280.027,3}{2} = 42.688,9$$

Cr\$1.000,00(Mai/81)

Ano	Investimentos	Despesas de Operação e Manutenção			Total Geral	Valor Atualizado	
		Pessoal	Energia Elétrica	Subtotal		5%	11%
1	1.280.027,3	-	-	-	1.280.027,3		
2		2.443,2	6.334,6	8.777,8	8.777,8		
3		2.443,2	6.334,6	8.777,8	8.777,8		
4		2.443,2	6.334,6	8.777,8	8.777,8		
5		2.443,2	6.334,6	8.777,8	8.777,8		
6		2.443,2	6.334,6	8.777,8	8.777,8		
7		2.443,2	6.334,6	8.777,8	8.777,8		
8		2.443,2	6.334,6	8.777,8	8.777,8		
9		2.443,2	6.334,6	8.777,8	8.777,8		
10	136.017,9	2.443,2	6.334,6	8.777,8	144.795,7		
11	51.550,0	2.443,2	12.654,5	15.097,7	66.647,7		
12		2.443,2	12.654,5	15.097,7	15.097,7		
13		2.443,2	12.654,5	15.097,7	15.097,7		
14		2.443,2	12.654,5	15.097,7	15.097,7		
15		2.443,2	12.654,5	15.097,7	15.097,7		
16		2.443,2	12.654,5	15.097,7	15.097,7		
17		2.443,2	12.654,5	15.097,7	15.097,7		
18		2.443,2	12.654,5	15.097,7	15.097,7		
19		2.443,2	12.654,5	15.097,7	15.097,7		
20		2.443,2	12.654,5	15.097,7	15.097,7		
Total						1.463.707,3	1.292.537,8

QUADRO 5 – Valor presente – Alternativa A – Lagoa Aerada.

Cr\$1.000,00(Mai/81)

Ano	Investimentos	Despesas de Operação e Manutenção			Total Geral	Valor Atualizado	
		Pessoal	Energia Elétrica	Subtotal		5%	11%
1	870.762,7	-	-	-	870.762,7		
2		4.734,0	17.330,2	22.064,2	22.064,2		
3		4.734,0	17.330,2	22.064,2	22.064,2		
4		4.734,0	17.330,2	22.064,2	22.064,2		
5		4.734,0	17.330,2	22.064,2	22.064,2		
6		4.734,0	17.330,2	22.064,2	22.064,2		
7		4.734,0	17.330,2	22.064,2	22.064,2		
8		4.734,0	17.330,2	22.064,2	22.064,2		
9		4.734,0	17.330,2	22.064,2	22.064,2		
10	281.510,1	4.734,0	17.330,2	22.064,2	303.574,3		
11	79.338,8	4.734,0	33.761,7	38.495,7	117.834,5		
12		4.734,0	33.761,7	38.495,7	38.495,7		
13		4.734,0	33.761,7	38.495,7	38.495,7		
14		4.734,0	33.761,7	38.495,7	38.495,7		
15		4.734,0	33.761,7	38.495,7	38.495,7		
16		4.734,0	33.761,7	38.495,7	38.495,7		
17		4.734,0	33.761,7	38.495,7	38.495,7		
18		4.734,0	33.761,7	38.495,7	38.495,7		
19		4.734,0	33.761,7	38.495,7	38.495,7		
20		4.734,0	33.761,7	38.495,7	38.495,7		
TOTAL						1.380.356,6	1.098.694,6

QUADRO 6 – Valor presente – Alternativa B – Aeração prolongada.

Cr\$1.000,00 (Maio/81)

Alternativa	Taxa de Desconto	5%		11%	
		Valor Presente	Percentual	Valor Presente	Percentual
Aeração Prolongada		1.380.356,6	100,0	1.098.694,6	100,0
Lagoa Aerada		1.463.707,3	106,0	1.292.537,8	117,6

QUADRO 7 – Resumo da Análise Econômica (Valor Presente).

Nestas condições os encargos financeiros anuais são:

Cr\$ 1.000,00 (MAI/81)

Lagoa Aerada			
Entidade Financiadora	1ª Etapa	2ª Etapa	1ª Etapa + 2ª Etapa
BNH	68.289,5	7.256,6	75.546,1
FAE	42.688,9	4.536,2	47.225,1
TOTAL	110.978,4	11.792,8	122.771,2

Cr\$ 1.000,00 (MAI/81)

Aeração Prolongada			
Entidade Financiadora	1ª Etapa	2ª Etapa	1ª Etapa + 2ª Etapa
BNH	46.455,2	15.018,6	61.473,8
FAE	29.039,9	9.388,4	38.428,3
TOTAL	75.495,1	24.407,0	99.902,1

A tarifa de equilíbrio para os dois processos mostra-se no quadro 4.8.

Os resultados obtidos permitem inferir que, pelo aspecto tarifário, a melhor alternativa de tratamento é o processo de aeração prolongada.

O valor tarifário médio desta alternativa de tratamento durante o período em estudo é Cr\$ 1,25 menor que no processo de lagoa aerada.

A figura 3 mostra o perfil tarifário de ambas as alternativas.

Tanto pelo aspecto econômico como pelo financeiro, pois, justifica-se a adoção do processo de aeração prolongada.

A figura 4 mostra, em perspectiva, a ETE por aeração prolongada.

Ano	Vazão Média Anual (1.000 m ³)	Lagoa Aerada				Aeração Prolongada			
		Cr\$1.000,00				Cr\$1.000,00			
		Custos Financeiros	Despesas de Exploração	Total	Tarifa Cr\$/m ³	Custos Financeiros	Despesas de Exploração	Total	Tarifa Cr\$/m ³
1	5.824,7	110.978,4	8.777,8	119.756,2	20,56	75.495,1	22.064,2	97.559,3	16,75
2	6.255,2	110.978,4	8.777,8	119.756,2	19,15	75.495,1	22.064,2	97.559,3	15,60
3	6.713,4	110.978,4	8.777,8	119.756,2	17,84	75.495,1	22.064,2	97.559,3	14,53
4	7.201,9	110.978,4	8.777,8	119.756,2	16,63	75.495,1	22.064,2	97.559,3	13,55
5	7.723,8	110.978,4	8.777,8	119.756,2	15,50	75.491,1	22.064,2	97.559,3	12,63
6	8.282,9	110.978,4	8.777,8	119.756,2	14,46	75.495,1	22.064,2	97.559,3	11,78
7	8.883,4	110.978,4	8.777,8	119.756,2	13,48	75.495,1	22.064,2	97.559,3	10,98
8	9.529,9	110.978,4	8.777,8	119.756,2	12,57	75.495,1	22.064,2	97.559,3	10,24
9	10.228,1	110.978,4	8.777,8	119.756,2	11,71	75.495,1	22.064,2	97.559,3	9,54
10	10.984,6	110.978,4	8.777,8	119.756,2	10,90	75.495,1	22.064,2	97.559,3	8,88
11	11.806,8	122.771,2	15.097,7	137.868,9	11,68	99.902,1	38.495,7	138.397,8	11,72
12	12.704,0	122.771,2	15.097,7	137.868,9	10,85	99.902,1	38.495,7	138.397,8	10,89
13	13.686,6	122.771,2	15.097,7	137.868,9	10,07	99.902,1	38.495,7	138.397,8	10,11
14	14.767,4	122.771,2	15.097,7	137.868,9	9,34	99.902,1	38.495,7	138.397,8	9,37
15	15.961,6	122.771,2	15.097,7	137.868,9	8,64	99.902,1	38.495,7	138.397,8	8,67
16	17.287,4	122.771,2	15.097,7	137.868,9	7,98	99.902,1	38.495,7	138.397,8	8,01
17	18.766,7	122.771,2	15.097,7	137.868,9	7,35	99.902,1	38.495,7	138.397,8	7,37
18	20.425,6	122.771,2	15.097,7	137.868,9	6,75	99.902,1	38.495,7	138.397,8	6,78
19	22.296,6	11.792,8	15.097,7	26.890,5	1,21	24.407,0	38.495,7	62.902,7	2,82
20	24.418,0	11.792,8	15.097,7	26.890,5	1,10	24.407,0	38.495,7	62.902,7	2,58
Tarifa Média do Período				11,39					10,14
Tarifa Média da 1ª Etapa				15,28					12,45
Tarifa Média da 2ª Etapa				7,50					7,83

QUADRO 8 - Tarifas de Equilíbrio.

ORDEM DE MANUTENÇÃO — PREVENTIVA

NUMERO DE REFERENCIA 0015547-190381	EXECUTANTE DEM.4	ESPECIALIDADE INSTRUMENTACAO	CENTRO DE CUSTO 5025010000	PERIODO PARA EXECUCAO DE 27/04/81 ATE 01/05/81	PROGRAMADO PARA EXECUTADO EM VISTO 28/04/81 28/04/81
LOCAL EEA CONSOLACAO		SUBLOCAL ESTACAO		APLICACAO TELEMEDICAO	
TIPO COMP.TELEMETRIA		BP 903299-7		DESCRICO DO SERVICO * 06953352 * 06952992 06953093 06953522 * 06953280 * 06954235 * 06954278 06952976 06954316 06952798 * 06954715 * 06954685 * 06952534 06954421 06954618 06952348 06954651	

ASTERISCO (*) INDICA SERVIÇO PRIORITÁRIO, QUE DEVE SER EXECUTADO EM QUALQUER CASO, E COMUNICADO À DPM.1

QUADRO 14

* S A B E S P * SISTEMA DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENCAO PREVENTIVA 59

RELACAO DAS ORDENS DE MANUTENCAO A SEREM EXECUTADAS PELO DPG.1 ESPECIALIDADE MECANICA FOLHA 43

LOCAL: 1-336 ETA ALTO COSTA PERIODO PARA EXECUCAO: DE 23/04/81 A 24/04/81

PONTO	TIPO	NO.BP	* ORDEM	SERVICO	COD PER
----- SJBLOCAL: 003 - CASA DE BOMBAS ----- APLICACAO: 125 HIDRO-PNEUMATICO -----					
01-SRJP0 01	01-3043A	054076-1	05415659	VERIFICAR VAZAMENTO DE OLEO OU GRAXA	-1546 0007
-	-	-	05416175	VERIFICAR ESTADO DOS PINOS GRAXEIROS E TROCAR SE NECESSARIO	-1543 0007
-	-	-	05414482	EXAMINAR ACOPLAMENTO	-1545 0007
-	-	-	05413931	VERIFICAR AS GAXETAS E REAPERTA-LAS SE NECESSARIO	-1542 0007
-	-	-	05415403	BOMBEAR GRAXA SEM EXCESSO	-1506 0028
-	-	-	05414920	LIMPAR A CARCACA	-1553 0014
-	02-MOTOR ELETRICO	116393-7	05479215	VERIFICAR ESTADO DOS PINOS GRAXEIROS E TROCAR SE NECESSARIO	-1543 0007
-	-	-	05479752	VERIFICAR VAZAMENTO DE OLEO OU GRAXA	-1546 0007
-	-	-	05480205	LIMPAR A CARCACA	-1553 0014
02-SRJP0 02	02-MOTOR ELETRICO	054070-5	05482355	LIMPAR A CARCACA	-1553 0014
-	-	-	05481911	VERIFICAR VAZAMENTO DE OLEO OU GRAXA	-1546 0007
-	-	-	05481358	VERIFICAR ESTADO DOS PINOS GRAXEIROS E TROCAR SE NECESSARIO	-1543 0007
----- SJBLOCAL: 003 - CASA DE BOMBAS ----- APLICACAO: 138 LAVAGEM CONTRA CORRENTE -----					
01-SRJP0 01	01-3043A	103940-6	05425735	LIMPAR A CARCACA	-1553 0014
-	-	-	05423708	VERIFICAR AS GAXETAS E REAPERTA-LAS SE NECESSARIO	-1542 0007
-	-	-	05424224	VERIFICAR ESTADO DOS PINOS GRAXEIROS E TROCAR SE NECESSARIO	-1543 0007
-	-	-	05424771	EXAMINAR ACOPLAMENTO	-1545 0007
-	-	-	05425298	VERIFICAR VAZAMENTO DE OLEO OU GRAXA	-1546 0007
-	02-MOTOR ELETRICO	103938-7	05486190	VERIFICAR VAZAMENTO DE OLEO OU GRAXA	-1546 0007
-	-	-	05486637	LIMPAR A CARCACA	-1553 0014
-	-	-	05485649	VERIFICAR ESTADO DOS PINOS GRAXEIROS E TROCAR SE NECESSARIO	-1543 0007
02-SRJP0 02	01-3043A	103939-5	05422116	VERIFICAR VAZAMENTO DE OLEO OU GRAXA	-1546 0007
-	-	-	05422558	LIMPAR A CARCACA	-1553 0014
-	-	-	05421047	VERIFICAR ESTADO DOS PINOS GRAXEIROS E TROCAR SE NECESSARIO	-1543 0007
-	-	-	05421594	EXAMINAR ACOPLAMENTO	-1545 0007
-	-	-	05420521	VERIFICAR AS GAXETAS E REAPERTA-LAS SE NECESSARIO	-1542 0007
-	02-MOTOR ELETRICO	103937-2	05484499	LIMPAR A CARCACA	-1553 0014
-	-	-	05483505	VERIFICAR ESTADO DOS PINOS GRAXEIROS E TROCAR SE NECESSARIO	-1543 0007
-	-	-	05484057	VERIFICAR VAZAMENTO DE OLEO OU GRAXA	-1546 0007
----- SJBLOCAL: 003 - CASA DE BOMBAS ----- APLICACAO: 139 LAVAGEM SUPERFICIAL -----					
01-SRJP0 01	01-3043A	103931-7	05428912	LIMPAR A CARCACA	-1553 0014
-	-	-	05427401	VERIFICAR ESTADO DOS PINOS GRAXEIROS E TROCAR SE NECESSARIO	-1543 0007
-	-	-	05427959	EXAMINAR ACOPLAMENTO	-1545 0007
-	-	-	05428475	VERIFICAR VAZAMENTO DE OLEO OU GRAXA	-1546 0007
-	-	-	05426880	VERIFICAR AS GAXETAS E REAPERTA-LAS SE NECESSARIO	-1542 0007
02-SRJP0 02	02-MOTOR ELETRICO	103928-3	05487705	LIMPAR A CARCACA	-1553 0014
-	01-3043A	103932-5	05432090	LIMPAR A CARCACA	-1553 0014
-	-	-	05431131	EXAMINAR ACOPLAMENTO	-1545 0007
-	-	-	05431654	VERIFICAR VAZAMENTO DE OLEO OU GRAXA	-1546 0007
-	-	-	05430062	VERIFICAR AS GAXETAS E REAPERTA-LAS SE NECESSARIO	-1542 0007
-	-	-	05430585	VERIFICAR ESTADO DOS PINOS GRAXEIROS E TROCAR SE NECESSARIO	-1543 0007
-	02-MOTOR ELETRICO	103927-5	05488773	LIMPAR A CARCACA	-1553 0014
----- SJBLOCAL: 003 - CASA DE BOMBAS ----- APLICACAO: 185 RECALQUE AGUA TRATADA -----					
01-SRJP0 01	01-3043A	103947-6	05438471	LIMPAR A CARCACA	-1553 0014
-	-	-	05437512	EXAMINAR ACOPLAMENTO	-1545 0007
-	-	-	05438039	VERIFICAR VAZAMENTO DE OLEO OU GRAXA	-1546 0007
-	-	-	05436965	VERIFICAR ESTADO DOS PINOS GRAXEIROS E TROCAR SE NECESSARIO	-1543 0007
-	-	-	05436443	VERIFICAR AS GAXETAS E REAPERTA-LAS SE NECESSARIO	-1542 0007
02-MOTOR ELETRICO	103950-3	05493579	LIMPAR A CARCACA	-1553 0014	
-	-	-	05492581	VERIFICAR NIVEL E ESTADO DO OLEO E COMPLETAR SE NECESSARIO	-1435 0007
-	-	-	05493137	VERIFICAR VAZAMENTO DE OLEO OU GRAXA	-1546 0007
02-SRJP0 02	01-3043A	103941-4	05434843	VERIFICAR VAZAMENTO DE OLEO OU GRAXA	-1546 0007
-	-	-	05433259	VERIFICAR AS GAXETAS E REAPERTA-LAS SE NECESSARIO	-1542 0007
-	-	-	05434327	EXAMINAR ACOPLAMENTO	-1545 0007
-	-	-	05435295	LIMPAR A CARCACA	-1553 0014
-	-	-	05433771	VERIFICAR ESTADO DOS PINOS GRAXEIROS E TROCAR SE NECESSARIO	-1543 0007
02-MOTOR ELETRICO	103936-4	05495251	VERIFICAR VAZAMENTO DE OLEO OU GRAXA	-1546 0007	
-	-	-	05495799	LIMPAR A CARCACA	-1553 0014

QUADRO 15