



ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DOS RECURSOS HÍDRICOS



**ABES ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE
ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

I SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE
ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

Tema 5: Qualidade da Água
ESTUDO DO IMPACTO ECOLÓGICO DA CENTRAL TÉRMICA DE
SETÚBAL - FASE II

MARIA CONSTANÇA PENEDA

Doutor em Oceanografia Biológica, Investigador Principal, membro
APRH Nº 75, LNETI-Sacavém.

RESUMO

Com vista à análise dos impactos da Central Térmica de Setúbal no ecossistema estuarino, procedeu-se, numa 1ª fase do estudo ainda com a Central Térmica em construção à caracterização de base do sistema, do ponto de vista físico, químico e biológico bem como da sua correntologia geral. Na 2ª fase do estudo, já com o empreendimento em funcionamento (250 a 500MW embora em regime irregular), foram analisadas as alterações provocadas pelo circuito de arrefecimento da Central Térmica nos principais atributos do meio receptor.

1 - INTRODUÇÃO

Em 1978/79 foi realizada a 1ª fase do estudo do impacto ecológico da C.T. de Setúbal relativa à caracterização de base do ecossistema receptor, antes da entrada em funcionamento do empreendimento, PENEDA (1979a 1980b,c).

A partir de colheitas quinzenais efectuadas durante um ano em 3 locais do estuário, foram analisados 20 diferentes atributos físicos, químicos e biológicos do meio receptor, bem como se procedeu à caracterização da correntologia geral da zona em estudo (PENEDA, 1981d). A apreciação do sítio de implantação revelou que:

- a topografia própria da zona anterior do estuário, com uma série de barreiras físicas, bancos de areia, a condicionar a circulação da água e uma ampla dispersão dos efluentes;
- o pequeno caudal do Rio Sado nomeadamente em época de estiagem e o relativamente forte caudal dos efluentes da C.T. quando funcionar a plena carga ($36\text{m}^3/\text{s}$); o fraco dinamismo das águas do estuário do R. Sado no canal norte e ao seu tempo de permanência neste local, onde se situa a C.T.
- a possibilidade de recirculação das águas;

indicavam que o local de implantação escolhido, não oferecia as mais favoráveis condições à recepção de um tal empreendimento. Poderia mesmo perguntar-se desde logo se o próprio rendimento térmico da C.T. não viria a ser afectado com a localização prevista. A fotografia aérea realizada posteriormente com a C.T. já em funcionamento veio mostrar claramente que, pelo menos na vazante, a toma de água de arrefecimento fica na pluma térmica. Tendo o estudo sido pedido com a C.T. já implantada, foi difícil propor medidas correctivas. Sugeriu-se na altura que fosse encarada a rejeição dos efluentes aquecidos não no canal norte, como tinha sido previsto no projecto, mas directamente no canal sul que apresentava fortes correntes de descarga das águas estuarinas no oceano o que favorecia a saída dos efluentes do estuário e obstaria à eventual recirculação das águas aquecidas.

A 1ª fase do estudo de base revelou ainda por outro lado que a C.T. de Setúbal foi implantada num sistema com comunidades vivas aparentemente sem grande estruturação, com fraca produtividade e com baixos efectivos, e numa matriz físico-química apresentando indícios vários de desequilíbrio ecológico. Tal situação é devida não só à carga poluente que o estuário recebe, uma vez que os efluentes aí chegam directamente ou através dos componentes da bacia hidrográfica sem qualquer tratamento, como também é provocada pela prática da pesca de arrasto de vara e de portas dentro do próprio estuário. Esta arte, embora proibida por lei, é permanentemente utilizada no sistema sendo evidentemente altamente prejudicial à renovação das populações aquáticas por varimento frequente dos fundos do estuário. Neste contexto importa avaliar os impactos ecológicos que a Central Térmica de Setúbal, a fuelóleo, que funcionará a plena carga com uma potência de 1000MW e em circuito aberto para um caudal de refrigeração de cerca de 36m^3 e um T nos condensadores de $9,5^\circ\text{C}$, provocará no meio receptor. A água de refrigeração é captada a juzante a uma profundidade de 4m e rejeitada à superfície a montante, com um percurso de cerca de 8mn nos circuitos

de arrefecimento.

Após entrada em actividade da Central (1980) com 1 a 2 grupos térmicos em funcionamento em regimen experimental, deu-se início à fase II do estudo com vista a quantificar os impactos ecológicos previsíveis e a propor eventualmente soluções técnicas minimizadoras dessas alterações.

Segundo indicações obtidas junto da Central de Setúbal o empreendimento funcionou irregularmente com uma potência de 250MW nos últimos 4 meses de 1980 e com uma potência de 250 a 500MW, em 1981.

Quanto ao cloro, utilizado como produto desincrustante, foi empregue em 1980 a uma concentração de 5ppm aplicado duas vezes por dia, enquanto que em 1981 passou a ser utilizado em contínuo à concentração de 1ppm.

2 - LOCAIS DE AMOSTRAGEM E METODOLOGIAS

Durante esta fase II do estudo foram escolhidos 10 locais de amostragem, dos quais 5 junto da Central, sendo T o local de amostragem situado a nível da toma de água de arrefecimento e R à saída do canal de rejeição dos efluentes térmicos, ficando os 5 restantes distribuídos por locais já não tão directamente afectados pela pluma térmica. Este trabalho refere apenas os resultados obtidos para os 5 locais mais vizinhos da C.T.: 1, 2, 3, T e R e os gráficos focam especificamente o que se passou a nível de T e R. As colheitas realizaram-se mensalmente Maio de 1980 a Agosto de 1981 em situação de baixa mar a duas profundidades, superfície e 4 metros (fig. 1).

Os parâmetros físico-químicos e biológicos analisados foram os que se revelaram de maior sensibilidade potencial aos impactos da C.T. durante a 1ª fase do estudo

As metodologias e técnicas analíticas utilizadas encontram-se descritas no relatório da fase I (PENEDA, 1979a e 1980b).

3 - RESULTADOS OBTIDOS - (Fig. 2 a 12)

3.1 - ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS DO MEIO

3.1.1 - TEMPERATURA

Os dados gerais obtidos nos locais próximos da Central, revelaram para as águas de superfície uma temperatura média anual de 17.73°C , enquanto que à profundidade de 4m, a temperatura média anual foi de 16.6°C .

Assim em relação aos locais de colheita na zona da C.T. pôde constatar-se que nos meses em que a C.T. funcionou com uma potência variável entre 250 e 500MW o aumento de temperatura das águas superficiais no local R variou entre $1,2^{\circ}\text{C}$ e $6,9^{\circ}\text{C}$ com um ΔT médio de $3,4^{\circ}\text{C}$ enquanto que à profundidade de 4m o aumento da temperatura das águas oscilou apenas entre 0 e $1,4^{\circ}\text{C}$ com um ΔT médio de $0,4^{\circ}\text{C}$.

Se atendermos à elevação de temperatura das águas de superfície na rejeição em relação às águas captadas na toma a 4m de pro-

fundidade, verifica-se que um ΔT médio de $3,2^{\circ}\text{C}$. De referir ainda que comparando os valores obtidos em R com os registados num local fora da influência da pluma térmica da C.T., por exemplo o local 6 (João Farto) o ΔT médio anual das águas de superfície foi de $+4,6^{\circ}\text{C}$.

Constatou-se ainda que a temperatura média das águas superficiais no canal Norte, onde se situa a C.T. foi de $19,4^{\circ}\text{C}$ enquanto que na 1ª fase do estudo fora de $17,2^{\circ}\text{C}$

3.1.2 - SALINIDADE

Não foi constatado qualquer impacto significativo da C.T. sobre a salinidade média das águas superficiais que foi de $35,4\%$ nem sobre as de 4m de profundidade cuja salinidade média foi de $35,3\%$.

3.1.3 - SÓLIDOS EM SUSPENSÃO (Seston)

Os dados obtidos revelaram para as águas de superfície uma média anual de $11,6\text{mg l}^{-1}$, relativamente inferior à encontrada à profundidade de 4m, $12,7\text{mg l}^{-1}$.

Analisando isoladamente cada um dos locais de colheita, verifica-se que a mais elevada concentração de seston, 37mg l^{-1} , se observou na rejeição tanto à superfície como a 4m de profundidade.

Se bem que os valores médios agora encontrados não difiram significativamente dos que foram registados na 1ª fase do estudo, (valor médio $11,5\text{mg l}^{-1}$), deve assinalar-se o aumento significativo do teor das águas em matéria em suspensão no local R (em relação aos valores então encontrados) que variaram entre $7,8$ e $17,2\text{mg l}^{-1}$.

3.1.4 - TURBIDEZ

A transparência das águas dada pela profundidade de desaparecimento do disco de Secchi variou ao longo do ano entre um mínimo de $0,20\text{m}$, observado na rejeição, e um máximo de $2,0\text{m}$ (na estação 2), com um valor médio anual de $1,12\text{m}$. Estes valores estão de acordo com os que se obtiveram para a concentração em matéria em suspensão sendo as águas tanto mais transparentes quanto menos matéria em suspensão apresentam. Por outro lado as águas do local R são menos transparentes uma vez que são as que apresentam maior quantidade de matéria em suspensão. Na 1ª fase do estudo tinha sido obtido um valor anual médio de $1,7\text{m}$.

3.1.5 - PERCENTAGEM DE SATURAÇÃO DO OXIGÉNIO DISSOLVIDO

A percentagem média de saturação de oxigénio dissolvido nas águas de superfície foi de $94,1\%$, variando entre $89,3\%$ na toma de água T e $120,2\%$ na rejeição, R. Por outro lado à profundidade de 4m os valores obtidos situaram-se entre $77,8\%$ e $120,5\%$ a nível da toma e no local 1 respectivamente sendo a percentagem de saturação média anual das águas a 4m de $90,6\%$.

Os valores mais elevados deste parâmetro, que ocorrem no local R, (Rejeição), não podem deixar de relacionar-se com o funcionamento da Central Termoeléctrica. Este impacto positivo resulta certamente do efeito da mistura turbulenta das águas do efluente aquecido com as do estuário, que se sobrepõe e compensa o eventual efeito de dimi-

nuição do coeficiente de solubilidade do oxigênio dissolvido provoca do pelo aumento, significativo, de temperatura das águas neste local. Na 1ª fase do estudo o valor médio da percentagem de saturação das águas superficiais no canal norte fora de 92,5%.

3.1.6 - NUTRIENTES (N,P,Si)

O azoto foi analisado sob a forma de amônia, nitrato e nitrito, tendo apresentado na globalidade uma variação sazonal típica ao longo de um ciclo anual com utilização máxima destes elementos pelo fitoplâncton na altura de Primavera/Verão, de que resulta diminuição significativa da sua concentração nas águas nessa mesma altura do ano e regeneração nas outras épocas do ano.

A amônia das amostras de água colhidas à superfície apresentou uma concentração média anual de $3,5 \mu\text{atg l}^{-1}$ tendo sido observados os mais elevados valores na rejeição das águas de arrefecimento.

A 4m de profundidade a média anual deste parâmetro foi de $3,3 \mu\text{atg l}^{-1}$. De notar que foi a nível da rejeição que se encontraram os mais elevados teores em amônia tanto a zero como a 4m de profundidade.

Quanto aos nitratos, a concentração média anual das águas de superfície foi de $4,03 \mu\text{atg l}^{-1}$, enquanto que nas águas de 4m de profundidade a média anual foi de $3,91 \mu\text{atg l}^{-1}$.

O local R situado à saída do canal de rejeição é o que apresenta a concentração média anual mais elevada em nitratos.

As concentrações máximas de nitritos, por outro lado, observaram-se na estação de amostragem R situada à saída da canal de rejeição isto é $12 \mu\text{atg l}^{-1}$ à superfície e $1,5 \mu\text{atg l}^{-1}$ a 4m de profundidade valores denotando uma actividade bacteriana intensa neste local tal como revelam os valores da concentração das águas em amônia no mesmo local. Os valores obtidos na 1ª fase, foram mais baixos dos que se leram nesta 2ª fase do estudo.

A concentração média anual de fosfatos nas águas superfície foi de $2,29 \mu\text{atg l}^{-1}$ enquanto que para as águas de 4m de profundidade foi de $2,31 \mu\text{atg l}^{-1}$. Os mais elevados valores foram obtidos em R ($5,4$ e $6,8 \mu\text{atg l}^{-1}$).

Na 1ª fase do estudo tinha sido encontrada uma concentração anual média de $1,2 \mu\text{atg l}^{-1}$. Os dados agora obtidos referentes à concentração das águas em nutrientes, N, e P vêm confirmar o desequilíbrio ecológico do sistema.

Por outro lado a sílica, elemento essencial à fotossíntese dos organismos vegetais nomeadamente Diatomáceas, apresentou uma concentração média anual nas águas de superfície de $6,08 \mu\text{atg l}^{-1}$ e de $6,11 \mu\text{atg l}^{-1}$ para as águas de 4m de profundidade.

Os locais R e T apresentaram nas águas de 4m, as concentrações mais elevadas em sílica ($16 \mu\text{atg l}^{-1}$).

3.2 - ATRIBUTOS BIOLÓGICOS

3.2.1. - FITOPLANCTON

Os quantitativos fitoplanctônicos, apresentaram um valor anual médio de $70\,478\text{ cel.l}^{-1}$ nas águas superficiais, com um máximo de $690\,000\text{ células l}^{-1}$ obtidos no local T. Na 1ª fase do estudo o valor médio anual foi de $40\,000\text{ cel.l}^{-1}$ (MELO, 1980).

À Profundidade de 4m a concentração anual média das águas em fitoplancton foi de $80\,337\text{ cel.l}^{-1}$. Tendo em consideração o conjunto das estações de amostragem na zona junto à C.T., verifica-se que a densidade fitoplanctônica é mais elevada à profundidade de 4m do que nas águas de superfície.

As concentrações médias anuais de fitoplancton em T e R a 0m e 4m de profundidade foram as seguintes:

$$\begin{array}{ll} T_0 = 161\,631\text{ cel.l}^{-1} & R_0 = 111\,186\text{ cel.l}^{-1} \\ T_4 = 176\,576\text{ cel.l}^{-1} & R_4 = 126\,011\text{ cel.l}^{-1} \end{array}$$

denotando a presença de uma maior quantidade de fitoplancton em R do que em T.

Tanto à superfície, média anual $161\,631\text{ cel.l}^{-1}$, como a 4m, média anual, $176\,576\text{ cel.l}^{-1}$, o local T, na toma de água de arrefecimento mostrou ser ao longo do ano o de maior densidade populacional.

Se considerarmos que a água de arrefecimento dos condensadores da Central contendo plancton é bombeada na Toma a uma profundidade de 4m e que após percurso no circuito de arrefecimento é rejeitada no estuário à superfície (sentido da seta), constata-se que após passagem do plancton nos circuitos de refrigeração, há uma redução de cerca de 37% dos seus efectivos.

Diversidade específica - De referir ainda que no que respeita à diversidade específica do fitoplancton, expressa em bit ind.^{-1} não foram constatadas diferenças significativas nos valores médios anuais dos vários locais (2,1 a 2,4 bit ind.^{-1}).

Na fase I dos estudos de impacto da C.T. de Setúbal o grau de diversidade específica, média anual, foi de $1.08\text{ bit ind.}^{-1}$ por conseguinte mais baixo do que o agora obtido.

Clorofila a - A concentração em clorofila a do fitoplancton não apresentou diferenças significativas nas amostras colhidas às duas profundidades estudadas. Enquanto que à superfície a concentração média anual foi de $2,79\mu\text{g.l}^{-1}$ a 4m foi de $2,85\mu\text{g.l}^{-1}$. Notou-se por outro lado uma ligeira tendência para uma redução da concentração de clorofila a no fitoplancton de superfície da rejeição, facto que poderá estar relacionado com uma certa degradação dos pigmentos durante o circuito de arrefecimento dos condensadores da C.T., e/ou no interior da própria pluma térmica.

Produção primária - A produção primária média anual do fitoplancton das águas de superfície dos locais 1,2,3, T e R foi de $3,12\text{mg C.m}^{-3}\text{h}^{-1}$ enquanto que a 4m de profundidade a produção média anual foi significativamente mais baixa, $1,60\text{mg C.m}^{-3}\text{h}^{-1}$. Estes resultados indicam que o fitoplancton das águas superficiais é cerca de duas vezes mais produtivo que o fitoplancton das águas de 4m de profundidade.

Por outro lado, constatou-se um aumento aparentemente significativo da produção primária média anual do plancton de superfície (cerca de 3 vezes mais) do local R, em relação à produção fitoplanctônica do local T a 4m de profundidade. No entanto, este aumento de produção é na realidade aparente uma vez que tanto a quantidade de fitoplancton como a sua concentração em clorofila a nas águas de superfície do local R são inferiores ao que se obtém no plancton de T à profundidade de 4m. (PENEDA e MELO, 1982). Este fenómeno dever-se-à em grande parte à fixação passiva de C^{14} pela matéria detritica em suspensão nas águas a qual, com efeito em R_0 ocorre em concentrações superiores às de T_4 . Por outro lado o aumento de temperatura das águas estuarinas observadas em T_4 poderá funcionar como activador da fotossíntese do plancton do local T_4 , fitoplancton que é rejeitado em R_0 .

A produção média anual agora obtida nas águas de superfície, é superior à obtida na 1ª fase do estudo ($2,3 \text{ mg C.m}^{-3} \text{ h}^{-1}$). Nas águas de 4m de profundidade a produção média anual foi de $0,70 \text{ mg C.m}^{-3} \text{ h}^{-1}$.

3.2.2 - ZOOPLANCTON

A concentração média anual do zooplancton foi de 5.788 organismos m^{-3} , sendo o local R, próximo da rejeição, aquele que apresentou quantitativos médios anuais mais baixos, 4.425 organismos m^{-3} . A nível de T foi observada a maior densidade média anual, 8.767 organismos m^{-3} (SANTOS, 1980).

Se atendermos às concentrações de zooplancton nos locais T e R, isto é, antes e após percurso nos circuitos de arrefecimento da Central Térmica pôde constatar-se em R uma redução de cerca de 50% dos efectivos de zooplancton capturados em T.

No que respeita à diversidade específica a média anual foi de 2,66 bit ind. $^{-1}$ e o valor médio anual da biomassa zooplanctónica em peso seco, foi de $80,4 \text{ mg.m}^{-3}$. No entanto se na toma (T), a biomassa anual média foi de $92,0 \text{ mg.m}^{-3}$, na rejeição, (R), este valor foi de cerca de 1,5 vezes superior. Estes valores estão aparentemente em discordância com os da densidade populacional encontrados nestes mesmos locais, respectivamente $4.425 \text{ orga.m}^{-3}$ em R e $8.767 \text{ orga.m}^{-3}$ no local T. A ampliação dos valores de "biomassa zooplanctónica" em R é provavelmente devida à resuspensão permanente do seston naquele local (fracção biótica e abiótica) provocada pela turbulência resultante do lançamento das águas de rejeição da C.T. no meio receptor, facto que vem alterar o peso referente à fracção zooplanctónica.

Por outro lado, a elevada concentração de zooplancton junto ao quebra ondas da toma de água poderá dever-se a um "efeito parede" desta estrutura que aí origina, simultaneamente com a permanente sucção de zooplancton na água de arrefecimento, uma forte acumulação de organismos.

Verificou-se igualmente que cerca de 50% dos nauplii de cirrípedes e de larvas bivalves incrustantes são aparentemente destruídos na ou após passagem nos circuitos de arrefecimento.

Na 1ª fase do estudo tinha sido encontrada uma concentração anual média de 7.254 zooplanctontes m^{-3} .

3.2.3 - COMPONENTE BENTÓNICA

Verificou-se que o número de indivíduos capturados na zona da tomada de água de arrefecimento, foi em média de $513.0, \text{lm}^{-2}$, sendo superior ao amostrado na rejeição, local R, $434.0, \text{lm}^{-2}$.

Esta diferença revelou-se significativa (análise de variância de dois critérios de classificação) para as classes de Oligoquetas e Pelecípodes, enquanto que para todos os outros grupos sistemáticos analisados, Antozoários, Poliquetas, Crustáceos e Gastropodes não foi constatada. O índice de diversidade específica (Shannon) determinado em T e em R durante os 3 meses da colheita, indicou que as amostras da estação R apresentaram ao longo do estudo valores mais elevados provavelmente devido a uma menor quantidade de organismos neste local.

Por outro lado pode ser constatado ao longo do tempo que os quantitativos das diferentes classes estudadas variaram significativamente na estação T enquanto que tal não foi evidenciado na estação R, (RODRIGUES, 1983).

3.2.4 - ICTIOFAUNA

Na 1ª fase do estudo foi constatado através da análise de amostras capturadas por arrasto de vara em 7 locais do estuário, que a quantidade e espécies capturadas, sendo a Primavera e início de Verão as épocas em que a ictiofauna é mais abundante e em que ocorre a maior diversidade específica (SOBRAL, 1981). Foram capturadas 28 espécies diferentes distribuídas por 19 famílias. Os Teleosteos Pleuronectiformes foram as formas mais representadas no estuário (35,4%).

Colmatagem - foi analisado o efeito da Central Térmica sobre a ictiofauna e macrofauna bentónica resultante da colmatagem (impingment) destes organismos nos tambores filtrantes do circuito de arrefecimento.

Para tal, mensalmente durante um ano, foram efectuadas colheitas horárias dos organismos nos tambores filtrantes durante 26 horas consecutivas. A partir dos resultados obtidos e se se admitir que a taxa de colmatagem é idêntica nos tambores filtrantes dos diferentes grupos térmicos, então quanto a Central funcionar permanentemente com 3 grupos térmicos, observa-se que serão potencialmente colmatados, por ano, 22×10^6 peixes, o equivalente a cerca de 48 ton. e 21×10^6 macroinvertebrados. Afim de tentar analisar o significado destes valores, compararam-se com os dados de pesca na costa portuguesa por falta de informação referente ao próprio estuário.

Assim sendo, e tendo em consideração o valor médio anual das capturas de pesca artesanal e por arrasto costeiro efectuadas nos anos de 1980, 1981 e 1982 de acordo com os dados do boletim trimestral do pescador do INIP (Secretaria de Estado das Pescas), concluiu-se que a totalidade de peixe potencialmente colmatado por ano e por 3 grupos térmicos na C.T. de Setúbal representará cerca de 0,70% da pesca costeira anual por estas artes.

No entanto convém ter presente quanto é difícil dar um significado ecológico a esta percentagem estabelecida entre os valores correspondentes a stocks de ictiofauna costeira extremamente diversi

ficada e capturados por diferentes artes de pesca, com um stock piscícola colmatado, nos tambores filtrantes, essencialmente constituído por anchova (94%).

No que respeita aos valores obtidos para os macroinvertebrados colmatados alguns dos quais com elevado valor económico, não foi possível qualquer comparação uma vez que não existem dados sobre as capturas de populações estuarinas e/ou costeiras correspondentes às que sofrem colmatagem (CUNHA e RODRIGUES, 1984).

4 - DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Os dados de base obtidos na 1ª fase do estudo de impacto da C.T. de Setúbal embora realizados já durante a 2ª fase de construção do empreendimento teriam levado a desaconselhar a localização escolhida para a C.T. de Setúbal uma vez que, nem a correntologia geral nem o estado ecológico do sistema pareciam passíveis de receber tal empreendimento. Sugeriu-se na altura que fosse encarada a solução de lançar os efluentes térmicos no canal sul e não no canal norte como previsto no projecto, medida que viria certamente a minimizar alguns dos impactos detectados. Os estudos de termografia realizados posteriormente a esse estudo vieram confirmar que a toma de água de refrigeração se situa dentro da pluma térmica pelo menos em condições de maré vazante.

Com a Central já em funcionamento, embora em regimen experimental, tentamos analisar as alterações de alguns parâmetros físico-químicos e biológicos estudados na 1ª fase do projecto, com a finalidade, por um lado, de quantificar tanto quanto possível esses impactos e apreciar-lhes o valor ecológico; por outro lado, adquirir prática e metodologias de estudo específicos na análise de impactos ecológicos associados a grandes empreendimentos a implantar no litoral, com vista à proposta de soluções alternativas supressoras, minimizadoras ou compensadoras dos impactos ambientais que inevitavelmente resultam da interacção projecto/meio receptor.

A. Em relação aos atributos físico-químicos - verificou-se que as águas de superfície à saída do canal de rejeição apresentaram em relação às águas da toma, um ΔT médio anual de $3,4^{\circ}\text{C}$ para uma potência térmica que variou entre 250 a 500MW.

Por outro lado se a salinidade não apareceu afectada com a entrada em funcionamento da C.T., já o mesmo não sucedeu com a percentagem de saturação de oxigénio dissolvido no meio receptor cujos valores médios, mais elevados, se encontram a nível da rejeição. Este impacto "positivo" resulta evidentemente da mistura turbulenta do efluente com as águas do estuário sem no entanto originar a sua sobresaturação permanente.

Constatou-se ainda que a concentração de matéria em suspensão nas águas de superfície é mais elevada na zona de rejeição que na toma sendo também nestes locais, superior à dos outros, tornando as águas na zona da Central menos transparentes.

Verificou-se também que a concentração das águas em nutrientes é mais elevada na rejeição tanto para os nitratos, como para os nitritos e amónia bem como para os fosfatos e sílica.

B. Em relação aos atributos biológicos: verificou-se, que há

diferenças significativas quanto às densidades populacionais do zooplâncton e fitoplâncton. Se comparamos a concentração do fito e zooplâncton na toma e rejeição de água de arrefecimento verifica-se uma redução de cerca de 37% dos efectivos do fitoplâncton e de 50% dos efectivos do zooplâncton após percurso nos circuitos de arrefecimento. A nível da rejeição há por conseguinte menos plancton que a nível da toma de água de arrefecimento e também menos que nos outros locais em estudo.

Constatou-se ainda na rejeição, uma redução de cerca de 11% dos valores médios da concentração do fitoplâncton em clorofila *a*, pigmento activo da fotossíntese, bem como se observou uma aparente "ampliação" do valor da produção primária do fitoplâncton da rejeição em relação ao plancton da toma. Este facto é no entanto atribuível à fixação do Carbono 14 na matéria em suspensão nas águas, muito mais concentradas em R que em T e não capaz de fotossíntese.

Além destes impactos foi observado que a nível da rejeição há cerca de 1,5 vezes menos organismos macrobentónicos do que na toma, embora os dois locais apresentem substratos de idêntica granulometria (argila siltosa). Por outro lado a quantificação do efeito predador da C.T. sobre a ictiofauna e macrobentos do estuário permitiu-nos estimar a 22×10^6 peixes (cerca de 48 toneladas) e a 22×10^6 organismos macrobentónicos o efeito do impacto "colmatagem" (impingment).

Para concluir, os resultados obtidos vêm precisamente reforçar a necessidade de efectuar os estudos de impacto ecológico previamente à implantação de Centrais Energéticas (e outros empreendimentos de vulto) e não após a sua implantação.

Só atendendo ao carácter preventivo dos estudos de impacto ambiental e às soluções alternativas a que conduzem se conseguirão evitar custos sociais elevados numa problemática reparação de lesões ecológicas, bem como se conseguirá aplicar atempadamente as recomendações e resultados obtidos na optimização do funcionamento dos próprios empreendimentos. Estes estudos são evidentemente encarados numa óptica "não conservacionista", permanente com os decisores na procura de soluções alternativas viáveis que compatibilizem da melhor forma possível a implantação e o funcionamento dos empreendimentos com o funcionamento e estrutura dos sistemas receptores. Trata-se evidentemente de atender e preservar tanto quanto possível a sensibilidade ecológica do meio receptor mas igualmente de evitar o funcionamento dos empreendimentos em si venha a ressentir-se de uma incorrecta localização. Os estudos realizados em Setúbal que perderam muito de seu alcance pelo facto de terem sido pedidos já com a Central em construção, conduziam no entanto à proposta de uma série de recomendações técnicas à EDP, que se forem atendidas minimizam os impactos constatados. Por outro lado foram também extremamente úteis para a equipa de trabalho do LNETI que os realizou pela experiência e metodologias adquiridas que terão certamente grande interesse em estudos de sítio para futuras instalações, aliás não só de Centrais Energéticas como também de outros empreendimentos industriais de vulto, susceptíveis de alterar significativamente o meio litoral.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- PENEDA, M.C. 1980a) - Estudo do impacto da Central Térmica de Setúbal. Resultados preliminares, fase I. Edição SEA
- PENEDA, M.C. 1979a) - Valor e potencialidades halieuticas do estuário do R. Sado. Edição SEA.
- PENEDA, M.C.; Cruces, M.; Biscaia, J. Santos, C. 1980a) - Preliminary evaluation on physico-chemical and biological data collecting during a yearly cycle in the Sado estuary - Semi. Iivotan, LNEC
- PENEDA, M.C. 1981d) - Produção de energia termoelétrica e salvaguarda do meio. Rec. Hidr. 2 , 3
- PENEDA, M.C. e MELO, F. 1982 - Um ciclo anual de produção primária no estuário do R. Sado. - Rel. SEA
- MELO, F. 1983 - Estudo da população fitoplanctónica no canal norte do estuário do Sado. Estágio Licen.
- SANTOS, C. 1980 - Estudo do zooplankton do estuário do R. Sado. Rel. SEA
- CUNHA, P. e RODRIGUES, A. 1984 - Quantificação do efeito predador da Central Térmica de Setúbal. Rel. EDP
- RODRIGUES, A. - Contribuição para o estudo da região adjacente à Central Térmica de Setúbal, com referência particular ao macrozoobentos. Rel. Estág. 1983
- SILVA, J. 1983 - Caracterização ecológica do fitoplancton do estuário do R. Sado - estudo de um ciclo anual. Estág. Licen.

TEMPERATURA

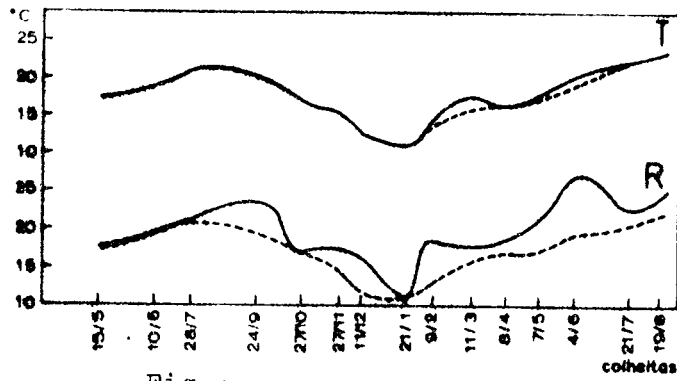


Fig. 2 - Variação anual da TEMPERATURA

— Cota 0 m
 - - - Cota 4 m
 T Toma de água de arrefecimento
 R Rejeição de água de arrefecimento

SALINIDADE

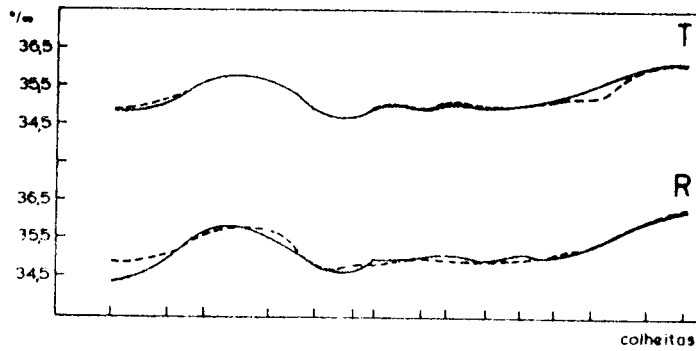


Fig. 3 - variação da SALINIDADE

NITRATOS

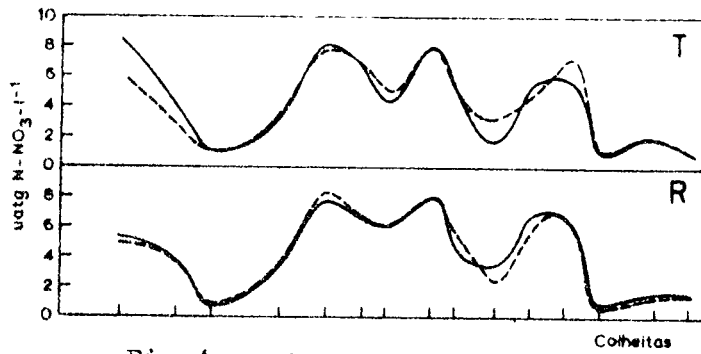


Fig. 4 - Variação anual da concentração em NITRATOS

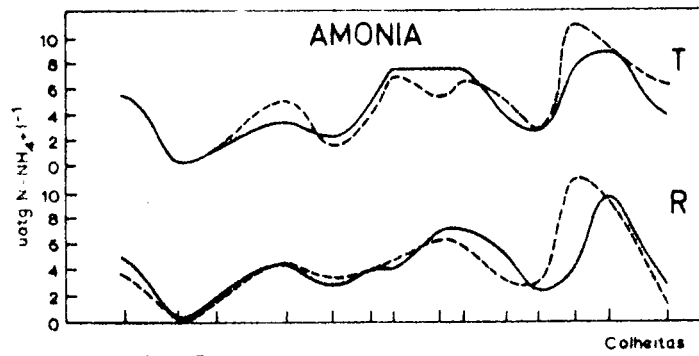


Fig.5- Variação anual da concentração em AMONIA

— Cota 0 m
 - - - Cota 4 m
 T - Toma de água de arrefecimento
 R - Rejeição de água de arrefecimento

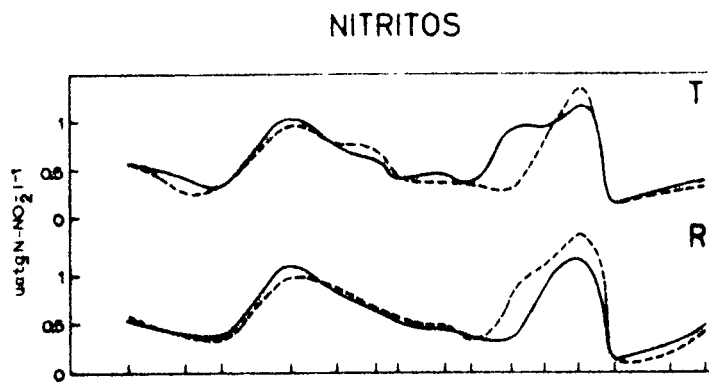


Fig.6-Variação da concentração em NITRITOS

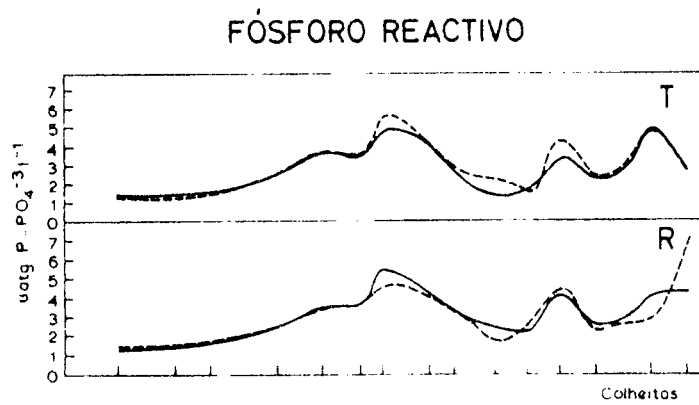


Fig.7- Variação anual da concentração em FOSFATOS

SÍLICA REACTIVA

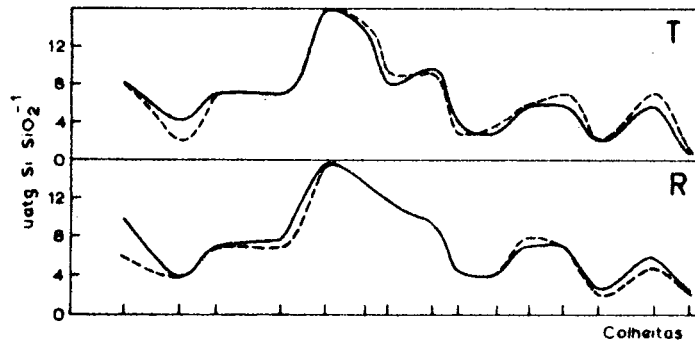


Fig. 8 - Variação anual da concentração em SÍLICA

— Cota 0 m

- - - Cota 4 m

T - Toma de água de arrefecimento

R - Rejeição de água de arrefecimento

QUANTITATIVOS FILOPLANCTÓNICOS

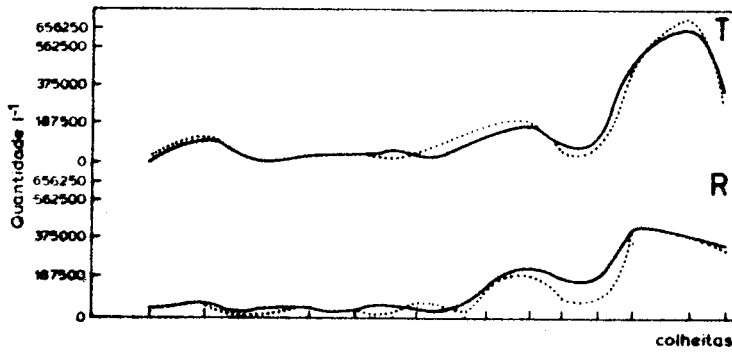


Fig. 9 - Variação anual dos quantitativos FILOPLANCTÓNICOS

ZOOPLANCTON

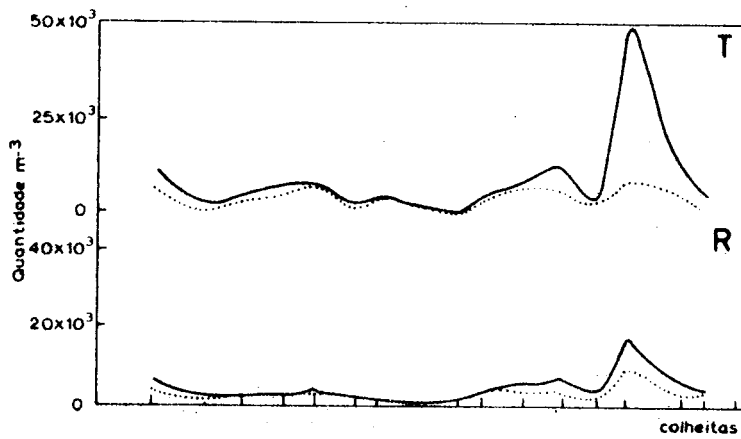


Fig. 10 - Variação anual dos quantitativos ZOOPLANCTÓNICOS

CONCENTRAÇÃO EM CLOROFILA

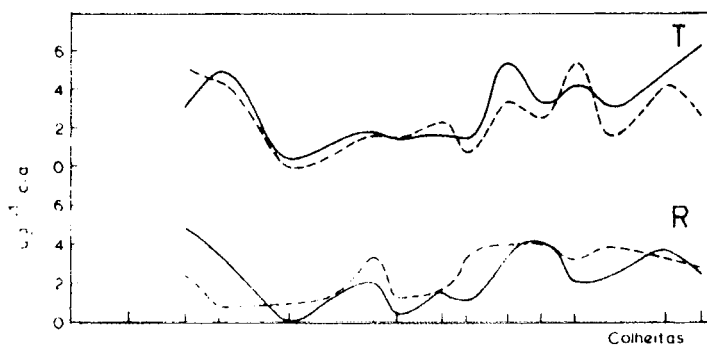


Fig.11- variação anual da concentração em CLOROFILA-a

———— Cota 3 m

----- Cota 4 m

T - Toma de água de arrefecimento

R - Rejeição de água de arrefecimento

PRODUÇÃO PRIMÁRIA (14C)

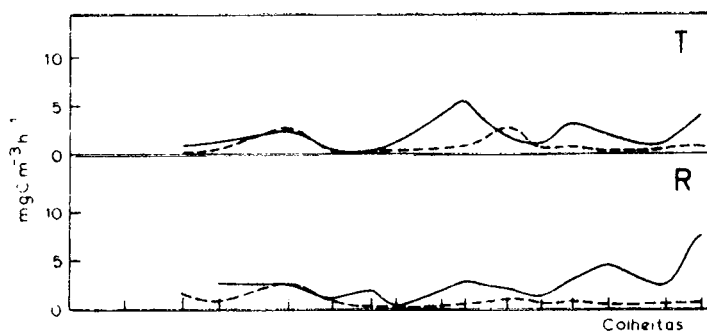


Fig.12- variação anual da produção PRIMÁRIA

ESTUÁRIO DO RIO SADO

1:586000

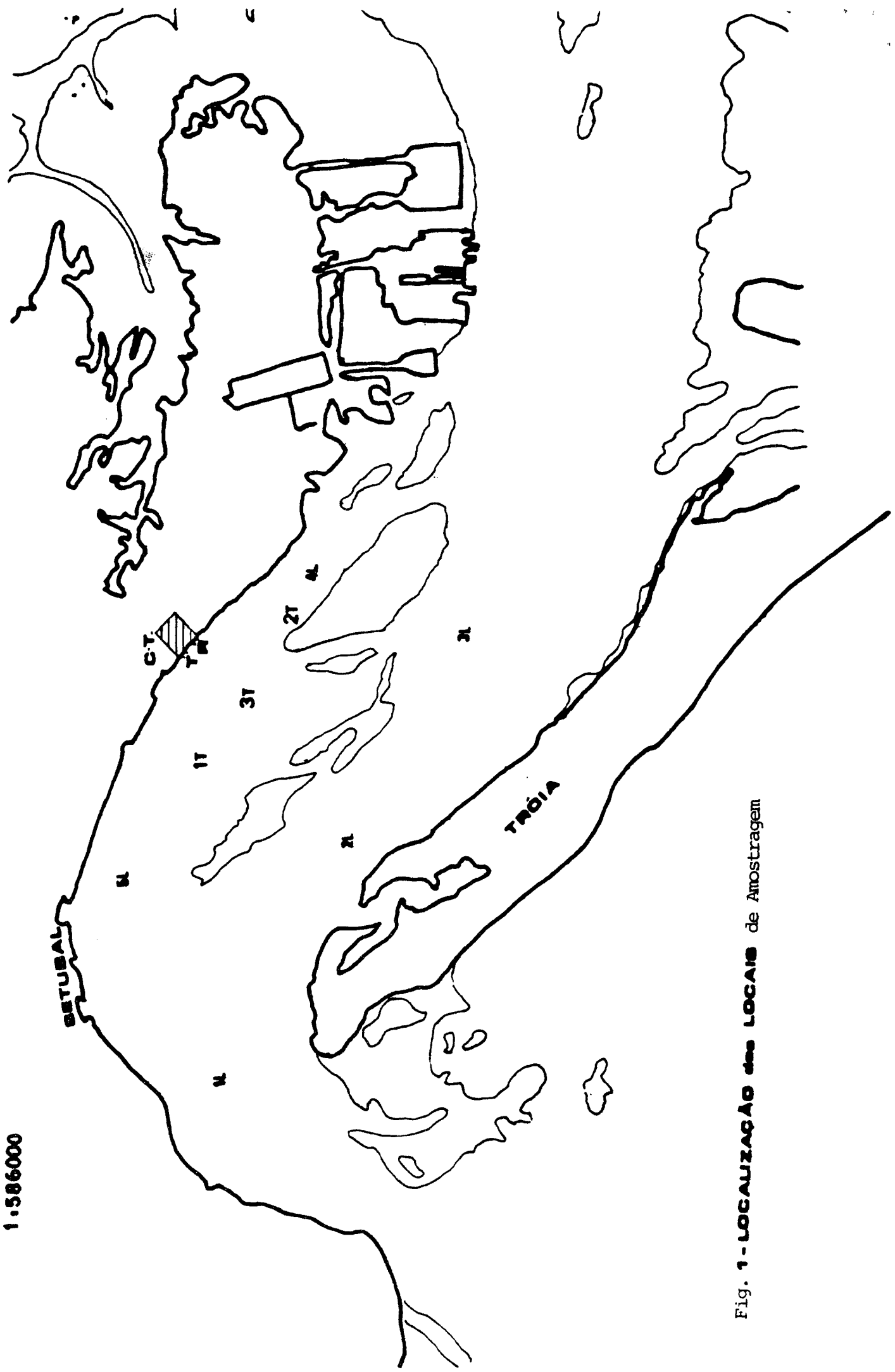


Fig. 1 - LOCALIZAÇÃO dos LOCAIS de Amostragem