

MINISTÉRIO DA HABITAÇÃO, OBRAS PÚBLICAS E TRANSPORTES
LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA
NÚCLEO DE ESTUÁRIOS

Procº 64/1/6601

CENTRAL TERMOELÉCTRICA DE SINES
Estudo preliminar da capacidade de diluição térmica no
campo próximo

Relatório

Estudo realizado para a ELECTRICIDADE DE PORTUGAL

Lisboa, Março de 1982

SUMÁRIO

Apresentam-se os resultados de uma análise preliminar, em modelo matemático, da diluição no campo próximo da Central Termoeléctrica de Sines, para 2 e 4 grupos de 300 MWe.

Para o dispositivo de rejeição e as condições de escoamento consideradas, a pluma térmica apresenta-se, em geral, destacada da costa, embora seja relativamente frequente o seu confinamento pelo fundo; as diluições médias no fim do campo próximo deverão ser superiores a 4, aumentando significativamente para baixos níveis de maré; não se detectou a ocorrência de recirculação directa.

Estas conclusões deverão ser confirmadas através de ensaios em modelo físico, após se conhecerem com maior detalhe as características das correntes ambientes.

ÍNDICE DO TEXTO

	Pág.
1 - INTRODUÇÃO	1
2 - BREVE REFERÊNCIA ÀS CARACTERÍSTICAS DA CENTRAL E DO MEIO RECEPTOR	2
3 - ANÁLISE PRELIMINAR DA CAPACIDADE DE DILUIÇÃO NO CAMPO PRÓXIMO	3
3.1 - Generalidades	3
3.2 - Meio receptor em repouso	3
3.3 - Influência das correntes ambientes	4
4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	5

ÍNDICE DE QUADROS

- QUADRO 1 - Níveis de maré no porto de Sines
- QUADRO 2 - Características da pluma, sem considerar o efeito de fundo (2 grupos)
- QUADRO 3 - Características da pluma, sem considerar o efeito de fundo (4 grupos)
- QUADRO 4 - Características da pluma, considerando o efeito de fundo (2 grupos)
- QUADRO 5 - Características da pluma, considerando o efeito de fundo (4 grupos)
- QUADRO 6 - Velocidades críticas de colagem à costa, para correntes SE-NW (2 grupos)
- QUADRO 7 - Velocidades críticas de colagem à costa, para correntes SE-NW (4 grupos)
- QUADRO 8 - Velocidades críticas de colagem à costa, para correntes NW-SE (2 grupos)
- QUADRO 9 - Velocidades críticas de colagem à costa, para correntes NW-SE (4 grupos)

ÍNDICE DE FIGURAS

- Fig. 1 - Configuração em planta dos dispositivos de captação e de rejeição
- Fig. 2 - Pormenores do dispositivo de rejeição
- Fig. 3 - Esquema de definição do efluente no campo próximo
- Fig. 4 - Isolinhhas de aquecimento, à superfície (2 grupos; $h_0 = 3.44$ m)
- Fig. 5 - Isolinhhas de aquecimento num plano vertical passando pelo eixo (2 grupos; $h_0 = 3.44$ m)
- Fig. 6 - Áreas aquecidas, à superfície (2 grupos; $h_0 = 3.44$ m)
- Fig. 7 - Aquecimento no eixo (2 grupos; $h_0 = 3.44$ m)
- Fig. 8 - Diluição média (2 grupos; $h_0 = 3.44$ m)
- Fig. 9 - Isolinhhas de aquecimento, à superfície (2 grupos; $h_0 = 2.67$ m)
- Fig. 10 - Isolinhhas de aquecimento num plano vertical passando pelo eixo (2 grupos; $h_0 = 2.67$ m)
- Fig. 11 - Áreas aquecidas, à superfície (2 grupos; $h_0 = 2.67$ m)
- Fig. 12 - Aquecimento no eixo (2 grupos; $h_0 = 2.67$ m)
- Fig. 13 - Diluição média (2 grupos; $h_0 = 2.67$ m)
- Fig. 14 - Isolinhhas de aquecimento, à superfície (2 grupos; $h_0 = 2.00$ m)
- Fig. 15 - Isolinhhas de aquecimento num plano vertical passando pelo eixo (2 grupos; $h_0 = 2.00$ m)
- Fig. 16 - Áreas aquecidas, à superfície (2 grupos; $h_0 = 2.00$ m)
- Fig. 17 - Aquecimento no eixo (2 grupos; $h_0 = 2.00$ m)
- Fig. 18 - Diluição média (2 grupos; $h_0 = 2.00$ m)
- Fig. 19 - Isolinhhas de aquecimento, à superfície (2 grupos; $h_0 = 1.35$ m)
- Fig. 20 - Isolinhhas de aquecimento num plano vertical passando pelo eixo (2 grupos; $h_0 = 1.35$ m)
- Fig. 21 - Áreas aquecidas, à superfície (2 grupos; $h_0 = 1.35$ m)
- Fig. 22 - Aquecimento no eixo (2 grupos; $h_0 = 1.35$ m)
- Fig. 23 - Diluição média (2 grupos; $h_0 = 1.35$ m)

- Fig. 24 - Isolinhas de aquecimento, à superfície (2 grupos; $h_0 = 0.57$ m)
- Fig. 25 - Isolinhas de aquecimento num plano vertical passando pelo eixo (2 grupos; $h_0 = 0.57$ m)
- Fig. 26 - Áreas aquecidas, à superfície (2 grupos; $h_0 = 0.57$ m)
- Fig. 27 - Aquecimento no eixo (2 grupos; $h_0 = 0.57$ m)
- Fig. 28 - Diluição média (2 grupos; $h_0 = 0.57$ m)
- Fig. 29 - Isolinhas de aquecimento, à superfície (4 grupos; $h_0 = 3.44$ m)
- Fig. 30 - Isolinhas de aquecimento num plano vertical passando pelo eixo (4 grupos; $h_0 = 3.44$ m)
- Fig. 31 - Áreas aquecidas, à superfície (4 grupos; $h_0 = 3.44$ m)
- Fig. 32 - Aquecimento no eixo (4 grupos; $h_0 = 3.44$ m)
- Fig. 33 - Diluição média (4 grupos; $h_0 = 3.44$ m)
- Fig. 34 - Isolinhas de aquecimento, à superfície (4 grupos; $h_0 = 2.67$ m)
- Fig. 35 - Isolinhas de aquecimento num plano vertical passando pelo eixo (4 grupos; $h_0 = 2.67$ m)
- Fig. 36 - Áreas aquecidas, à superfície (4 grupos; $h_0 = 2.67$ m)
- Fig. 37 - Aquecimento no eixo (4 grupos; $h_0 = 2.67$ m)
- Fig. 38 - Diluição média (4 grupos; $h_0 = 2.67$ m)
- Fig. 39 - Isolinhas de aquecimento, à superfície (4 grupos; $h_0 = 2.00$ m)
- Fig. 40 - Isolinhas de aquecimento num plano vertical passando pelo eixo (4 grupos; $h_0 = 2.00$ m)
- Fig. 41 - Áreas aquecidas, à superfície (4 grupos; $h_0 = 2.00$ m)
- Fig. 42 - Aquecimento no eixo (4 grupos; $h_0 = 2.00$ m)
- Fig. 43 - Diluição média (4 grupos; $h_0 = 2.00$ m)
- Fig. 44 - Isolinhas de aquecimento, à superfície (4 grupos; $h_0 = 1.35$ m)
- Fig. 45 - Isolinhas de aquecimento num plano vertical passando pelo eixo (4 grupos; $h_0 = 1.35$ m)
- Fig. 46 - Áreas aquecidas, à superfície (4 grupos; $h_0 = 1.35$ m)
- Fig. 47 - Aquecimento no eixo (4 grupos; $h_0 = 1.35$ m)
- Fig. 48 - Diluição média (4 grupos; $h_0 = 1.35$ m)

Fig. 49 - Isolinhas de aquecimento, à superfície (4 grupos; $h_0 = 0.57$ m)

Fig. 50 - Isolinhas de aquecimento num plano vertical passando pelo eixo (4 grupos; $h_0 = 0.57$ m)

Fig. 51 - Áreas aquecidas, à superfície (4 grupos; $h_0 = 0.57$ m)

Fig. 52 - Aquecimento no eixo (4 grupos; $h_0 = 0.57$ m)

Fig. 53 - Diluição média (4 grupos; $h_0 = 0.57$ m)

Fig. 54 - Isolinhas de aquecimento, à superfície (4 grupos; $h_0 = 3.44$ m; $U_A = 5$ cm/s)

SIGNIFICADO DAS VARIÁVEIS UTILIZADAS NO TEXTO

- A - factor de forma da secção de rejeição
- b_o - semi - largura da secção de rejeição
- D - diluição no eixo da pluma térmica
- D_t - diluição no eixo da pluma térmica, no fim do campo próximo
- \bar{D}_t - diluição média na pluma térmica, no fim do campo próximo
- D_t^* , \bar{D}_t^* - mesmo significado que D_t e \bar{D}_t , para plumas confinadas pelo fundo
- F_o - número de Froude densimétrico
- F'_o - número de Froude densimétrico, corrigido pelo factor de forma
- g - aceleração da gravidade
- h_o - altura da rejeição
- h_{max} - profundidade máxima atingida pela pluma térmica
- H - profundidade do tirante de água, no ponto de máxima profundidade da pluma
- R_t - factor de redução da capacidade de diluição
- U_A - velocidade do escoamento ambiente
- U_o - velocidade na secção de rejeição
- V_{crit} - velocidade do escoamento ambiente a partir da qual se prevê a colagem da pluma à costa
- X_t - distância entre a secção de rejeição e o fim do campo próximo
- X_{max} - distância entre a rejeição e o ponto de máxima profundidade da pluma
- ρ_a - densidade do meio receptor
- $\Delta\rho$ - diferença de densidade entre a água de refrigeração e o meio receptor
- α - ângulo formado pelo eixo da rejeição com a linha de costa

RELAÇÃO DE COLABORADORES

- . João Geadas Cabaço, técnico experimentador de 2ª classe
- . José Rafael Carrogio, desenhador principal
- . António Nunes da Cruz, desenhador principal
- . Rosa de Jesus Teixeira, dactilógrafa

NOTA:

Por coerência com os Quadros reproduzidos directamente das listagens do computador, utilizou-se no presente relatório o ponto decimal em vez de vírgula, ao contrário do que é especificado nas normas portuguesas.

1 - INTRODUÇÃO

O presente relatório contém os resultados de uma análise preliminar da capacidade de diluição térmica da Central Termoeléctrica de Sines, realizada no âmbito dos estudos de recirculação e impacto térmico em curso no LNEC.

Nesta análise, que incidiu exclusivamente sobre o campo próximo, procurou-se caracterizar a pluma térmica resultante da Central, e avaliar os riscos do aquecimento da água da captação por recirculação directa.

Como suporte do estudo, recorreu-se essencialmente ao modelo matemático bi dimensional permanente JACTO, e a formulação empírica compilada por ADAMS et al 1981.

O modelo JACTO, baseado na formulação de STEFAN e VAIDYARAMAN 1972, descreve o comportamento de um efluente rejeitado superficialmente num meio homogéneo mais denso, e, eventualmente, submetido a uma corrente permanente e uniforme e a um vento constante (BAPTISTA 1981).

Para além das equações de continuidade e de conservação de calor e quantidade de movimento, o modelo inclui diversas relações empíricas, a que correspondem coeficientes que é necessário calibrar; os valores adoptados para os vários coeficientes baseiam-se num trabalho de calibração actualmente em fase de conclusão (BAPTISTA 1982).

Em fase posterior dos estudos para a Central de Sines, os resultados agora apresentados serão detalhados a partir de ensaios num modelo físico que já se encontra em exploração. Será também estudado, utilizando modelos matemáticos adequados, o aquecimento de base induzido pela Central no meio receptor e a sua interacção com os processos de diluição térmica no campo próximo.

2 - BREVE REFERÊNCIA ÀS CARACTERÍSTICAS DA CENTRAL E DO MEIO RECEPTOR

Por indicação da Electricidade de Portugal (EDP), considerou-se a instalação em Sines de dois conjuntos de dois grupos de 300 MWe. Os grupos são refrigerados em circuito aberto para o mar, sendo o caudal de refrigeração de $10 \text{ m}^3/\text{s}$

grupo e o aquecimento no condensador de 9° C.

A configuração em planta e a disposição relativa dos dispositivos de captação e rejeição considerados são apresentadas esquematicamente na Fig. 1; para maior detalhe, consultam-se os Desenhos C80 - C1 - 251015 (captação) e C80 - C1 - 258001 e C80 - C1 - 258002 (rejeição) do Projecto da Central. Como aspectos mais relevantes para o presente estudo, refere-se que a rejeição se faz a Sul da captação, através de dois canais de cerca de 300 m de comprimento, com a soleira à cota 0.00 m⁽¹⁾, e secção de saída rectangular (Fig. 2); o eixo da rejeição afasta-se do da captação cerca de 30° para Sul, sendo a distância entre as secções de rejeição e captação da ordem de 450 m.

Na zona da Central, a costa apresenta uma concavidade acentuada, quebrada a Norte pelo cabo de Sines. A batimetria apresenta-se grosseiramente paralela à costa, não ocorrendo declives acentuados; em particular, o declive do fundo, no seguimento do eixo da rejeição, é da ordem de 1 a 2 %, na zona que afecta directamente a diluição térmica no campo próximo.

Por não serem ainda conhecidos os resultados da campanha oceanográfica de longa duração realizada pelo Instituto Hidrográfico (IH) em Sines, torna-se difícil caracterizar a correntologia da zona envolvente da Central. Em face das informações fornecidas pelo IH, em reunião realizada em Janeiro de 1982, vai admitir-se que, em traços gerais, as correntes ambientes são, no campo próximo da Central (e na ausência das obras de captação e rejeição), sensivelmente paralelas à costa, de pequena intensidade (só excepcionalmente ultrapassando os 5 cm/s) e sem sentido predominante, não se detectando influência marcada da maré sobre intensidades e direcções.

Os níveis de maré no local podem ser assimilados aos do Porto de Sines, a que se refere o Quadro 1, extraído da Tabela de Marés do Instituto Hidrográfico, de 1980.

(1) - No presente relatório todos os níveis são referidos ao zero hidrográfico.

3 - ANÁLISE PRELIMINAR DA CAPACIDADE DE DILUIÇÃO NO CAMPO PRÓXIMO

3.1 - Generalidades

Dada a fraca intensidade das correntes ambientes, o nível de maré deverá as sumir uma influência decisiva na capacidade de diluição térmica no campo próximo.

Por esta razão, os estudos serão conduzidos, numa primeira fase (§ 3.2), pa ra condições de repouso do meio receptor, e para diversos níveis de maré (PM100, PM45, NMM, BM45 e BM100). Admitiu-se que cada nível se mantém sensivelmente cons tante durante o tempo necessário para que a pluma se estabeleça plenamente, hipótese que só é realista nos estofos de maré.

Numa segunda fase (§ 3.3) será então analisada a influência das correntes am bientes, nomeadamente no que se refere à recirculação directa da Central.

O modelo JACTO não inclui, na sua formulação, a redução da capacidade de di luição devida a eventuais confinamentos da pluma pelo fundo ou pela costa. Para se ter em consideração estes efeitos, far-se-á, quando necessário, uma correcção dos resultados obtidos pelo modelo, tendo por base a formulação empírica apresen tada por ADAMS et al 1981, que constitui uma síntese do trabalho teórico e experimental de diversos autores.

3.2 - Meio receptor em repouso

ADAMS et al 1981 considera que a transição entre o campo próximo e o campo afastado ocorre a uma distância da secção de rejeição (Fig. 3)

$$X_t = 15. \sqrt{h_o b_o} \cdot \sqrt{F_o'^2 + 1} \quad (3.1)$$

em que

$$F_o' = A^{1/4} F_o \quad (3.2)$$

$$F_o = \frac{U_o}{\sqrt{\frac{\Delta p}{\rho_a} g h_o}} \quad (3.4)$$

$$A = h_o / b_o \quad (3.4)$$

Nessa zona de transição, a diluição média, $\bar{D}_t^{(1)}$, e a diluição no eixo, $D_t^{(2)}$, são dadas, para um jacto não confinado, por

$$\bar{D}_t = 1.4 \sqrt{F_o'^2 + 1} \quad (3.5)$$

$$D_t = \sqrt{F_o'^2 + 1} \quad (3.6)$$

Os resultados obtidos com esta formulação foram comparados com os fornecidos pelo modelo JACTO, verificando-se um acordo aceitável, tanto para 2 como para 4 grupos (Quadros 2 e 3, respectivamente). Nota-se uma tendência para o modelo JACTO fornecer menores diluições no eixo e maiores diluições médias, os erros relativos situando-se entre 0 e 30 %.

Alguns dos resultados dos Quadros anteriores são demasiado optimistas, por não se ter considerado o efeito do fundo. Para incluir este efeito, vai utilizar-se um factor de redução da capacidade de diluição, R_t , aplicável na zona de transição, e definido por

$$R_t = \begin{cases} 1 & \text{se } h_{\max} / H < 0.75 \text{ (plumas livres)} \\ \left(\frac{0.75 H}{h_{\max}} \right)^{0.75} & \text{se } h_{\max} / H \geq 0.75 \text{ (plumas confinadas)} \end{cases} \quad (3.7)$$

em que

$$X_{\max} = 5.5 \sqrt{h_o b_o} \sqrt{F_o'^2 + 1} \quad (3.8)$$

$$h_{\max} = 0.42 \sqrt{h_o b_o} \sqrt{F_o'^2 + 1} \quad (3.9)$$

Assumindo uma variação linear da influência do fundo sobre a capacidade de diluição, e distorsões geométricas pouco significativas, obtém-se, para pontos a montante da zona de transição, a seguinte relação entre as diluições no eixo de

(1) - A diluição média é definida, em cada secção, como o quociente entre o caudal na secção e o caudal de rejeição.

(2) - A diluição no eixo é definida, em cada secção, como o quociente entre o aquecimento no eixo e o aquecimento médio na rejeição.

uma pluma confinada e de uma pluma livre.

$$(D)_{\text{conf.}} = (D)_{\text{livre}} \frac{(R_t - 1) [1 - (D)_{\text{livre}}] + [1 - (D_t)_{\text{livre}}]}{1 - (D_t)_{\text{livre}}} \quad (3.10)$$

Admitindo que o efeito de fundo se faz sentir de forma semelhante sobre as diluições no eixo e as diluições médias, uma expressão equivalente pode, em primeira aproximação, ser usada para estas últimas.

Os resultados do modelo JACTO, corrigidos com base nesta formulação empírica, são apresentados nos Quadros 4 e 5.

Da análise do Quadro 4, relativo ao funcionamento de dois grupos da Central, pode-se concluir que o efeito do fundo se faz sentir sensivelmente a partir da PM45, aumentando para níveis mais baixos; o contacto da pluma com fundo só ocorre, contudo, para níveis inferiores ao NMM⁽¹⁾.

Apesar do efeito de fundo, as diluições obtidas no fim do campo próximo situam-se entre 4.5 e 16.0 (valores médios) e 2.5 e 8.5 (valores no eixo), aumentando dos níveis de maré mais altos para os mais baixos.

Para 4 grupos, o comportamento da pluma é semelhante, ocorrendo, naturalmente, menores diluições - entre 4.0 e 12.0 (valores médios) e 2.0 e 6.0 (valores no eixo) - e fazendo-se o efeito de fundo sentir a partir de níveis um pouco superiores aos correspondentes a 2 grupos (Quadro 5).

Comparando os resultados do Quadro 4 com os fornecidos por HARLEMAN 1980 para a secção de rejeição trapezoidal inicialmente prevista (Anexo), resulta evidente um maior equilíbrio da secção actual, traduzido, em termos de diluições, por uma ligeira redução das maiores valores e um aumento significativo dos menores valores.

Como complemento dos Quadros 4 e 5, as Figs. 4 a 53 apresentam, para 2 e 4 grupos e para os vários níveis estudados, diversas características da pluma tér

(1) - O confinamento ocorre logo que a quantidade de água "fria" do meio receptor existente sob a pluma é insuficiente para assegurar uma boa diluição por mistura turbulenta, o que, como a eq. (3.7) indica, pode acontecer sem que se verifique contacto com o fundo.

mica: isolinhas de aquecimento à superfície, isolinhas de aquecimento num plano vertical passando pelo eixo, áreas aquecidas à superfície, aquecimento no eixo e diluições médias.

3.3 - Influência das correntes ambientes

Uma eventual colagem da pluma à costa, por efeito das correntes ambientes, constituiria uma situação indesejável, por reduzir a capacidade de diluição térmica e aumentar - para correntes dirigidas da rejeição para a captação - a possibilidade de recirculação directa.

Para uma linha de costa rectilínea, e um dispositivo de rejeição sensivelmente normal a ele, pode considerar-se que a pluma se mantém livre se

$$\frac{U_A}{U_0} < \frac{0.05}{1 + \cos \alpha} \left(\frac{h_{\max}}{H} \right)^{3/2} \quad (3.11)$$

Para correntes dirigidas de SE para NW (SE-NW), a aplicação deste critério (que deve ser encarada com especial precaução, dada a concavidade da costa e a orientação do dispositivo de rejeição), não revelou, para as intensidades máximas esperadas (5 cm/s), perigo de colagem da pluma à costa (Quadros 6 e 7).

Com base nestes resultados e na observação visual do comportamento da pluma durante ensaios preliminares realizados em modelo físico, admitiu-se no presente estudo que, para estas correntes, a pluma se mantém destacada da costa.

Nestas condições, pôde ser feita, com base no modelo JACTO e para uma situação considerada crítica (correntes de 5 cm/s e nível de PM, para uma maré de coeficiente 100), uma análise sumária da influência do escoamento ambiente sobre a recirculação directa e as características da pluma.

Os resultados obtidos não revelam a ocorrência de recirculação directa nem de alterações muito significativas da capacidade de diluição (Fig. 54)

Para correntes NW-SE com intensidades da ordem de 5 cm/s, a eq. (3.11) revela a possibilidade de uma leve colagem da pluma à costa (Quadros 8 e 9). O modelo

JACTO não é, neste caso, indicado para estudar as características da pluma; tal estudo será feito numa fase posterior, em modelo físico. Refira-se entretanto que, pela sua orientação, estas correntes não provocarão recirculação directa.

4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos na análise preliminar realizada indicam que, na sua concepção actual, o sistema de captação e rejeição da Central deverá garantir diluções médias no campo próximo não inferiores a 4 e a não ocorrência de recirculação directa; a pluma térmica deverá apresentar-se, em geral, destacada da costa, sendo, no entanto, frequente o seu confinamento pelo fundo.

Tal como referido anteriormente, estes resultados baseiam-se num padrão de correntes relativamente simplificado, que terá de ser confirmado pelo IH. Note -se que uma ocorrência, com frequência significativa não prevista, de correntes ambientes superiores a 10 cm/s poderia vir a aconselhar modificações no dispositivo de rejeição (em particular na largura das secções finais ou no comprimento dos canais), com o objectivo de evitar a colagem da pluma à costa por redução de um dos seus factores determinantes: o confinamento pelo fundo.

Estão já em curso ensaios em modelo físico visando confirmar e detalhar os resultados agora apresentados. Nesses ensaios, está a ser dada particular atenção à influência sobre a pluma das fronteiras sólidas (fundo e costa) e das correntes (ambientes e induzidas pela captação).

Aspectos como o impacto térmico no campo afastado e a sua influência sobre a recirculação total da Central, serão analisados em fase posterior dos estudos, com base em modelos matemáticos apropriados.

Tendo em conta as necessidades específicas dos vários estudos referidos, não pode deixar de se salientar a necessidade de, a muito curto prazo, serem conhecidos os resultados das campanhas oceanográficas de longa duração realizadas pelo IH em Sines.

Lisboa e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, em Março de 1982

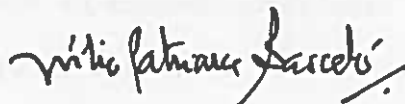
VISTOS

O CHEFE DO NÚCLEO

António Eugénio de Melo Baptista

António Eugénio de Melo Baptista

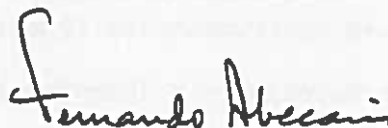
Assistente de Investigação



Júlio P. Barceló

Especialista

O CHEFE DO DEPARTAMENTO



Fernando Abecasis

Investigador

o ENGENHEIRO DIRECTOR



J. Ferry Borges

AMB/RT

BIBLIOGRAFIA

- ADAMS E.E., HARLEMAN D.R., JIRKA G. e STOLZENBACH K. - "Heat Disposal in the Water Environment", Course on Engineering Aspects of Heat Disposal in the Water Environment, LNEC/MIT, Lisboa, Julho de 1981.
- BAPTISTA A.M. - "The Sines Power Plant: a case in study", Course on Engineering Aspects of Heat Disposal in the Water Environment, LNEC/MIT, Lisboa, Julho de 1981.
- BAPTISTA A.M. - "MODELAÇÃO MATEMÁTICA DE EFLUENTES TÉRMICOS. Calibração do modelo JACTO", Relatório do LNEC, em elaboração, com publicação prevista para 1982.
- HARLEMAN D. - "Cooling Water System for Sines Power Station", EDP, Progress Report nº 1, Setembro de 1980.
- STEFAN H. e VAIDYARAMAN P. - "Jet-type model for the three-dimensional thermal plume in a crosscurrent and under wind", Water Resources Research, Vol. 8, nº 4, Agosto de 1972.

QUADROS

QUADRO 1 - NÍVEIS DE MARÉ NO PORTO DE SINES⁽¹⁾

Preia - mares			Baixa - mares			NMM (m)
PMMAX (m)	PM100 (m)	PM45 (m)	BMMIN (m)	BM100 (m)	BM45 (m)	
3.80	3.44	2.67	0.20	0.57	1.35	2.00

PMMAX, BMMIN - máximas e mínimas alturas de água que se prevê que possam ocorrer sob condições meteorológicas médias, tomando em consideração as várias combinações possíveis de condições astronómicas.

PM100, BM100 - valores médios, tomados ao longo do ano, das alturas de água de duas preia - mares (baixa - mares) sucessivas, que ocorrem quinzenalmente quando a declinação da lua é de $23,5^{\circ}$ e a amplitude da maré é maior (correspondem sensivelmente a marés de coeficiente 100)

PM45, BM45 - valores médios, tomados ao longo do ano, das alturas de água de duas preia - mares (baixa - mares) sucessivas, que ocorrem quinzenalmente quando a amplitude da maré é mínima (correspondem sensivelmente a marés de coeficiente 45)

NMM - nível médio do mar

(1) - Adaptado da Tabela de Marés do Instituto Hidrográfico, de 1980.

QUADRO 2 - Características da Pluma, sem considerar o efeito de fundo (2 grupos)

h ₀ (m)	U ₀ (m/s)	$\sqrt{\text{boho}}$ (m/s)	F ₀	A	F ₀	X _t	- (1) Dt	- (2) Dt	(1) Dt	(2) Dt
3.44	0.8	3.59	2.7	0.98	2.7	153.	4.0	4.7	2.8	2.5
2.67	1.0	3.16	4.0	0.92	3.7	182.	5.4	6.1	3.8	3.2
2.00	1.3	2.74	5.9	0.85	5.1	212.	7.2	7.7	5.2	4.0
1.35	2.0	2.25	11.3	0.77	8.7	296.	12.3	12.6	8.8	6.6
0.57	4.7	1.46	41.0	0.62	25.6	562.	35.9	37.7	25.6	19.8

(1) ADAMS et al 1981

(2) modelo JACTO

QUADRO 3 - Características da pluma, sem considerar o efeito de fundo (4 grupos)

h ₀ (m)	U ₀ (m/s)	$\sqrt{h_0 u_0}$ (m/s)	F ₀	A	F ₀	X _t	- (1) Dt	- (2) Dt	(1) Dt	(2) Dt
3.44	0.8	5.08	2.7	0.82	2.2	187.	3.4	4.1	2.5	2.2
2.67	1.0	4.47	4.0	0.77	3.1	220.	4.6	5.1	3.3	2.7
2.00	1.3	3.87	5.9	0.72	4.3	255.	6.1	6.5	4.4	3.4
1.35	2.0	3.18	11.3	0.65	7.3	353.	10.4	10.4	7.4	5.5
0.57	4.7	2.07	41.0	0.53	21.5	669.	30.2	31.5	21.6	16.5

(1) ADAMS et al 1981
(2) modelo JACTO

QUADRO 4 - Características da Pluma, considerando o efeito de fundo (2 struos)

ho	Xmax	hmax	H	hmax/H	Rt	Dt	Dt	Dt	Dt	Dt
(m)	(m)	(m)	(m)							*
3.44	56.	4.3	7.6	0.56	1.00	4.7	4.7	4.7	2.5	2.5
2.67	67.	5.1	7.1	0.72	1.00	6.1	6.1	6.1	3.2	3.2
2.00	78.	5.9	6.6	0.90	0.87	7.7	6.7	6.7	4.0	3.5
1.35	109.	8.3	6.3	1.31	0.66	12.6	8.3	8.3	6.6	4.3
0.57	206.	15.7	6.7	2.36	0.42	37.7	16.0	16.0	19.8	8.4

Nota: os valores das diluicoes sao os fornecidos pelo modelo JACTO

QUADRO 5 - Características da Pluma considerando o efeito de fundo (4 grupos)

ho	Xmax	hmax	H	hmax/H	Rt	Dt	Dt	Dt	Dt
(m)	(m)	(m)	(m)						*
3.44	68.	5.2	7.9	0.66	1.00	4.1	4.1	2.2	2.2
2.67	81.	6.2	7.3	0.85	0.91	5.1	4.6	2.7	2.4
2.00	93.	7.1	6.7	1.06	0.77	6.5	5.0	3.4	2.6
1.35	129.	9.9	6.5	1.51	0.59	10.4	6.2	5.5	3.2
0.57	245.	18.7	6.9	2.71	0.38	31.5	12.0	16.5	6.3

Nota: os valores das diluições são os fornecidos pelo modelo JACTO

QUADRO 6 - Velocidades criticas de colagem a costa
para correntes SE-NW (2 grupos)

h ₀	U ₀	alfa	h _{max} /H	V _{crit}
(m)	(m/s)	(graus)		(m/s)
3.44	0.8	120.	0.56	0.18
2.67	1.0	120.	0.72	0.16
2.00	1.3	120.	0.90	0.15
1.35	2.0	120.	1.31	0.13
0.57	4.7	120.	2.36	0.13

NOTA: os valores de h_{max}/H correspondem a
condicoes de meio ambiente em repouso

QUADRO 7 - Velocidades criticas de colasem a costa, para correntes SE-NW (4 grupos)

ho	Uo	alfa	hmax/H	Vcrit
(m)	(m/s)	(graus)		(m/s)
3.44	0.8	120.	0.66	0.14
2.67	1.0	120.	0.85	0.13
2.00	1.3	120.	1.06	0.12
1.35	2.0	120.	1.51	0.11
0.57	4.7	120.	2.71	0.10

NOTA: os valores de hmax/H correspondem a condicoes de meio ambiente em repouso

QUADRO 8 - Velocidades criticas de colagem a costa
para correntes NW-SE (2 grupos)

h ₀	U ₀	alfa	h _{max} /H	V _{crit}
(m)	(m/s)	(graus)		(m/s)
3.44	0.8	60.	0.56	0.06
2.67	1.0	60.	0.72	0.05
2.00	1.3	60.	0.90	0.05
1.35	2.0	60.	1.31	0.04
0.57	4.7	60.	2.36	0.04

NOTA: os valores de h_{max}/H correspondem a
condicoes de meio ambiente em repouso

QUADRO 9 - Velocidades criticas de colasem a costa
 Para correntes NW-SE (4 grupos)

ho	Uo	alfa	hmax/H	Vcrit
(m)	(m/s)	(graus)		(m/s)
3.44	0.8	60.	0.66	0.05
2.67	1.0	60.	0.85	0.04
2.00	1.3	60.	1.06	0.04
1.35	2.0	60.	1.51	0.04
0.57	4.7	60.	2.71	0.03

NOTA: os valores de hmax/H correspondem a
 condicoes de meio ambiente em repouso

FIGURAS

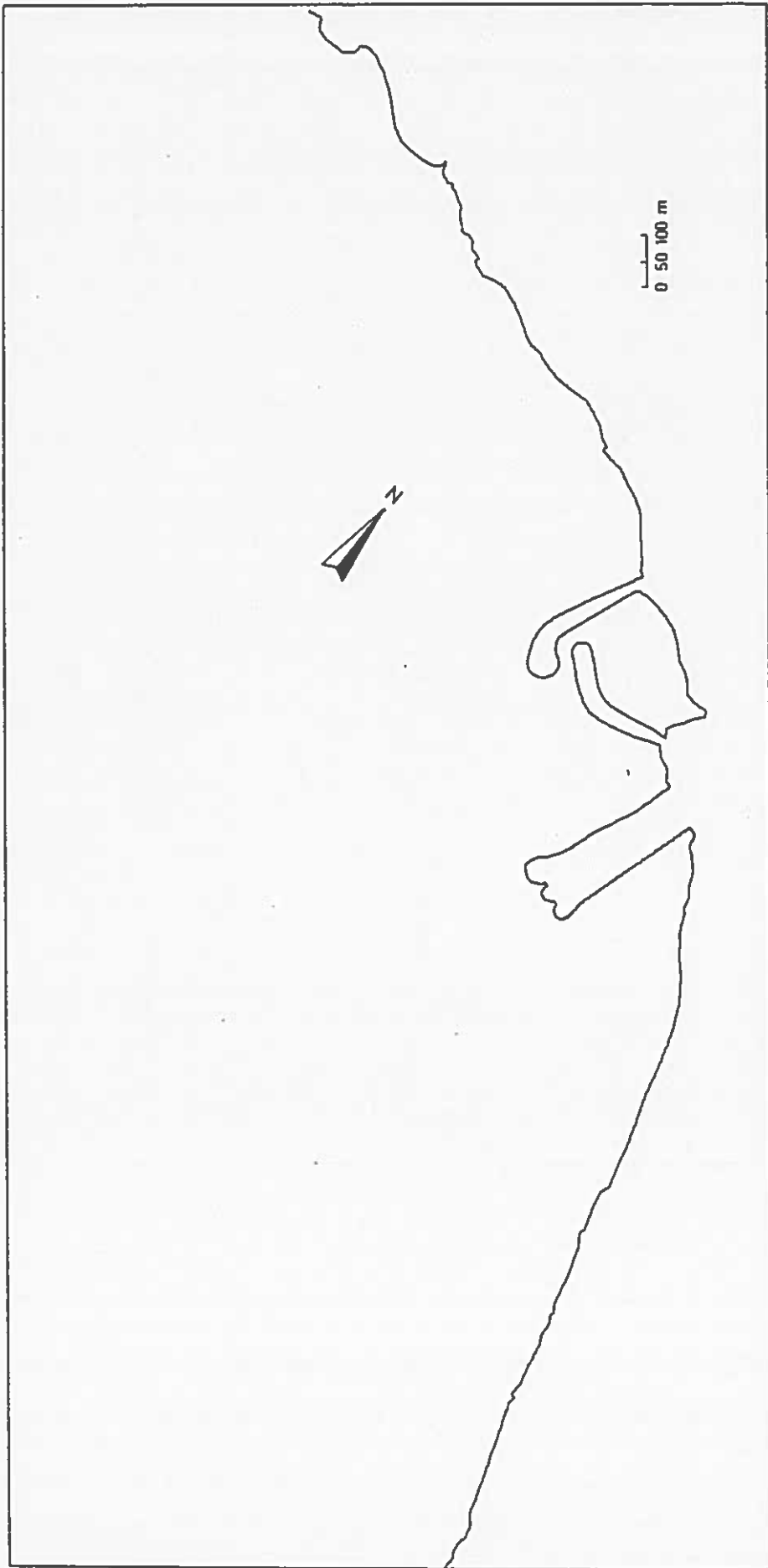


Fig. 1 - Configuração em planta dos dispositivos de captação e de rejeição

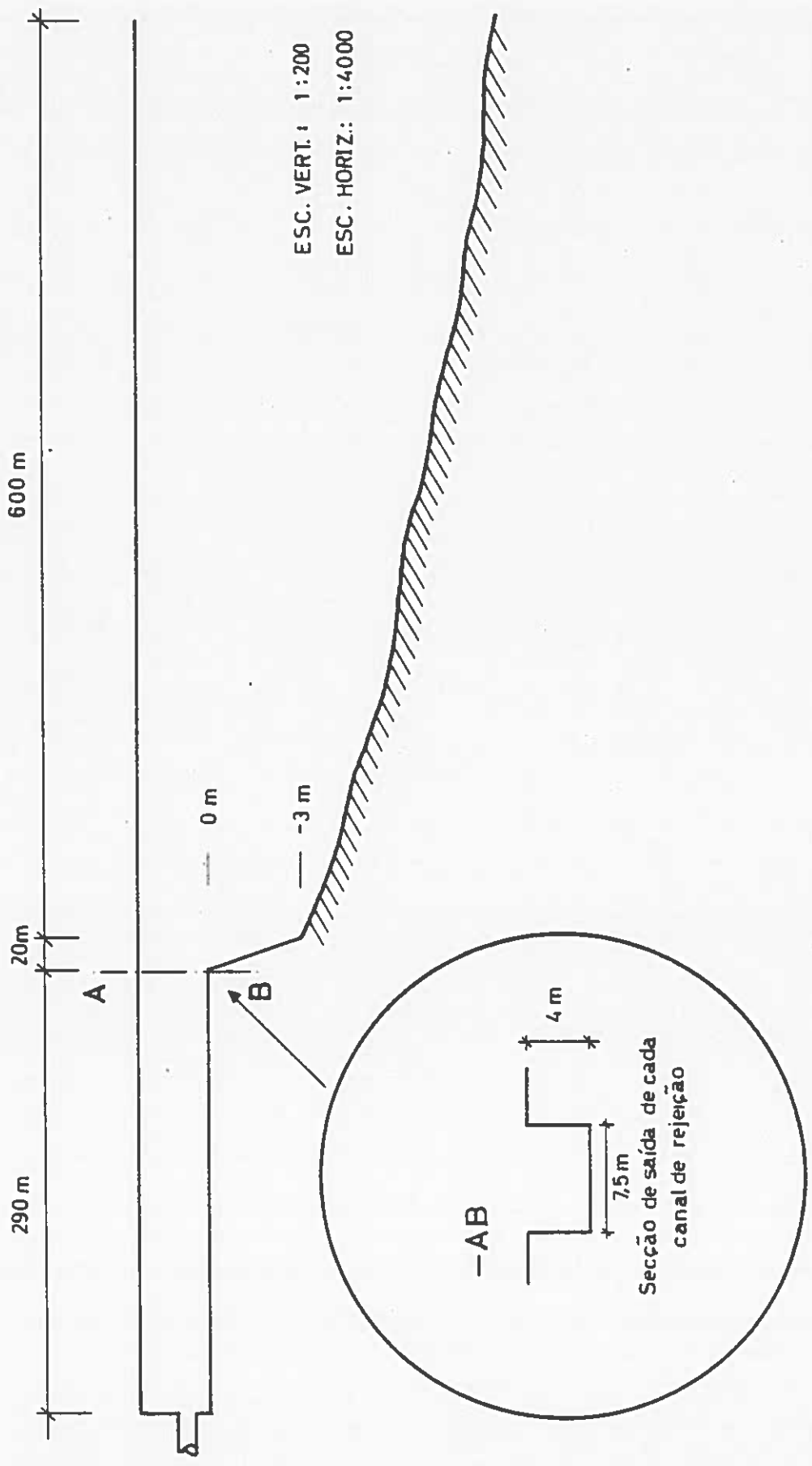


Fig. 2 - Pormenores do dispositivo de rejeição

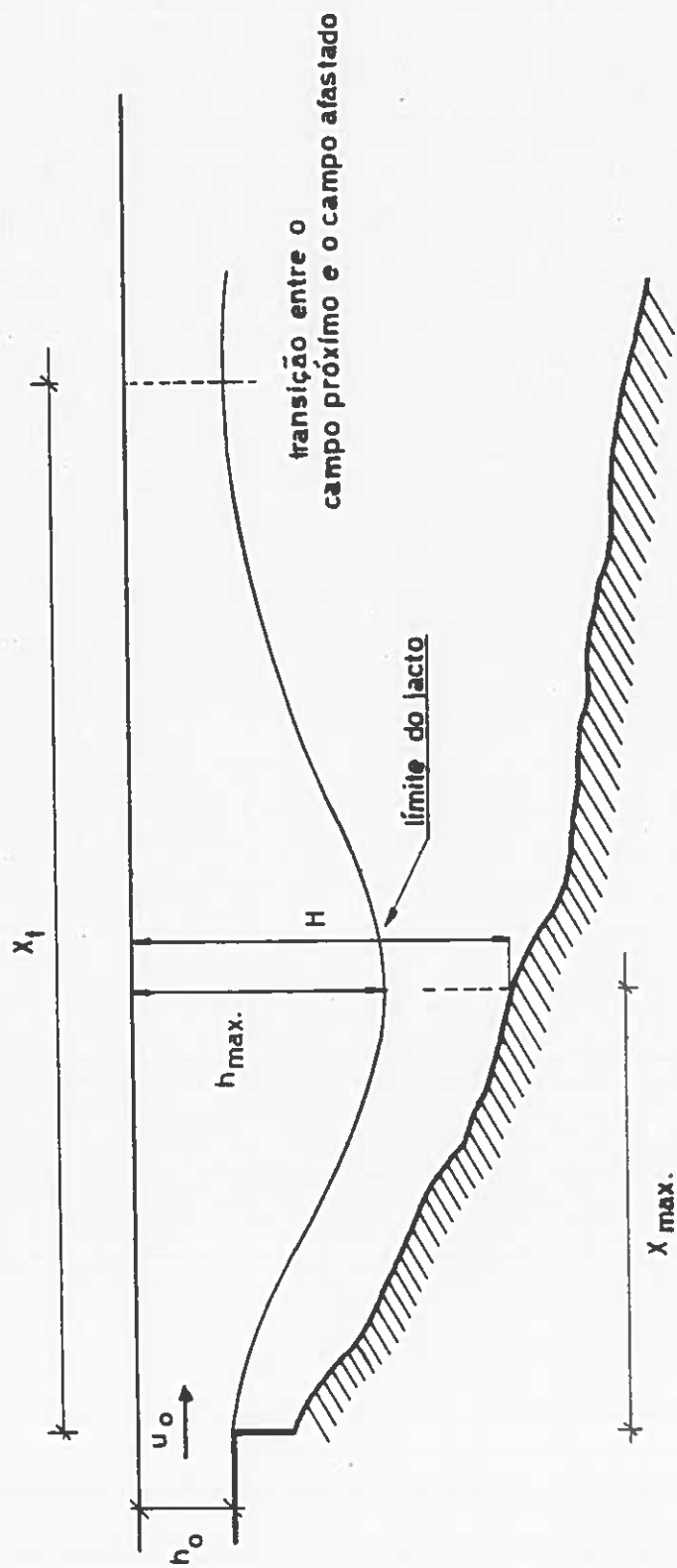


Fig 3 - Esquema de definição do efluente no campo próximo

Fig. 4 - Isolinhas de aquecimento, à superfície
(2 grupos; $h_0 = 3.44 \text{ m}$)

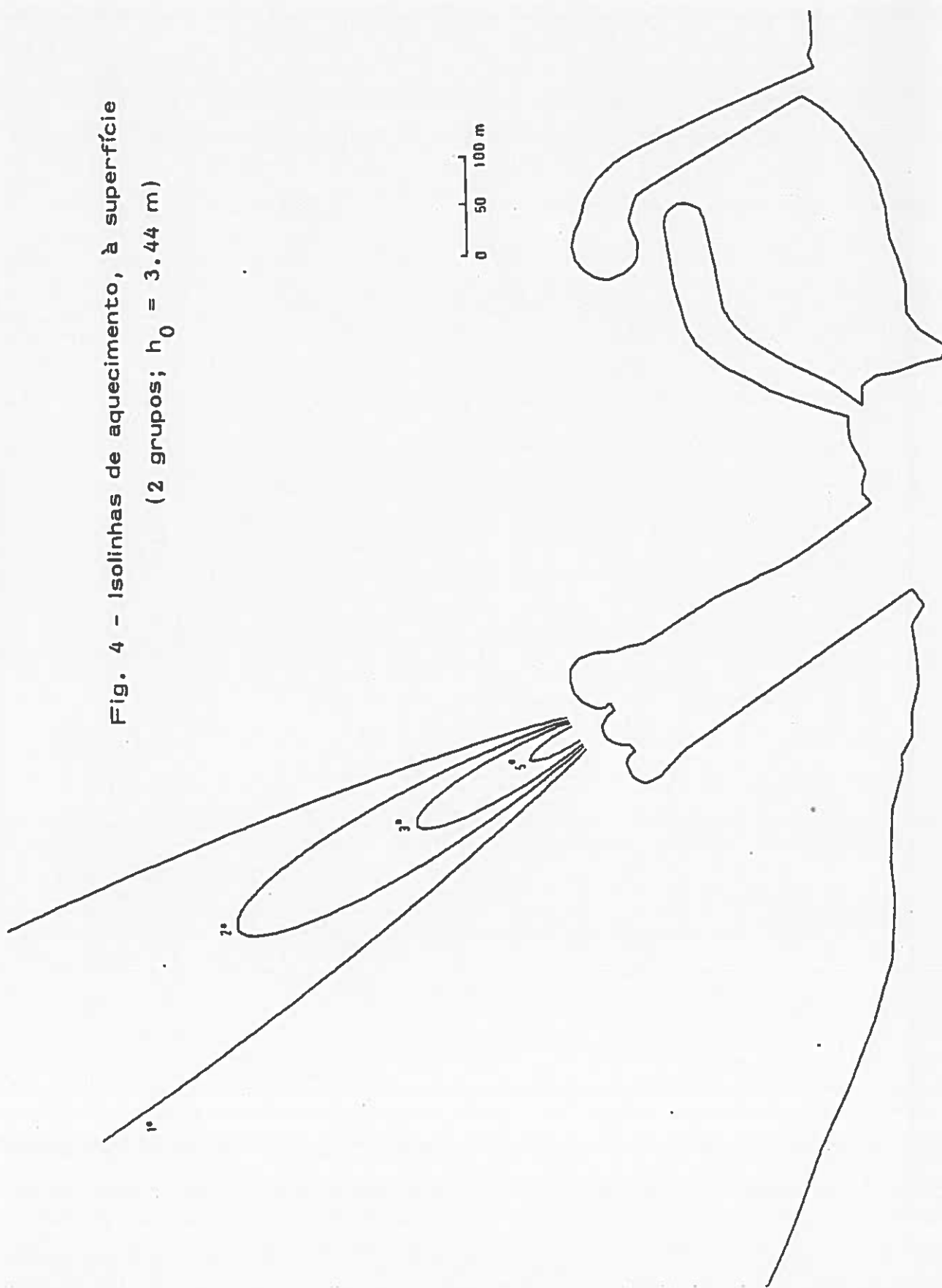


FIG 5 - ISOLINHAS DE AQUEC. NUM PLANO

VERT. PASSAN. P/EIXO (2 GRUPOS; H₀=3.44M)

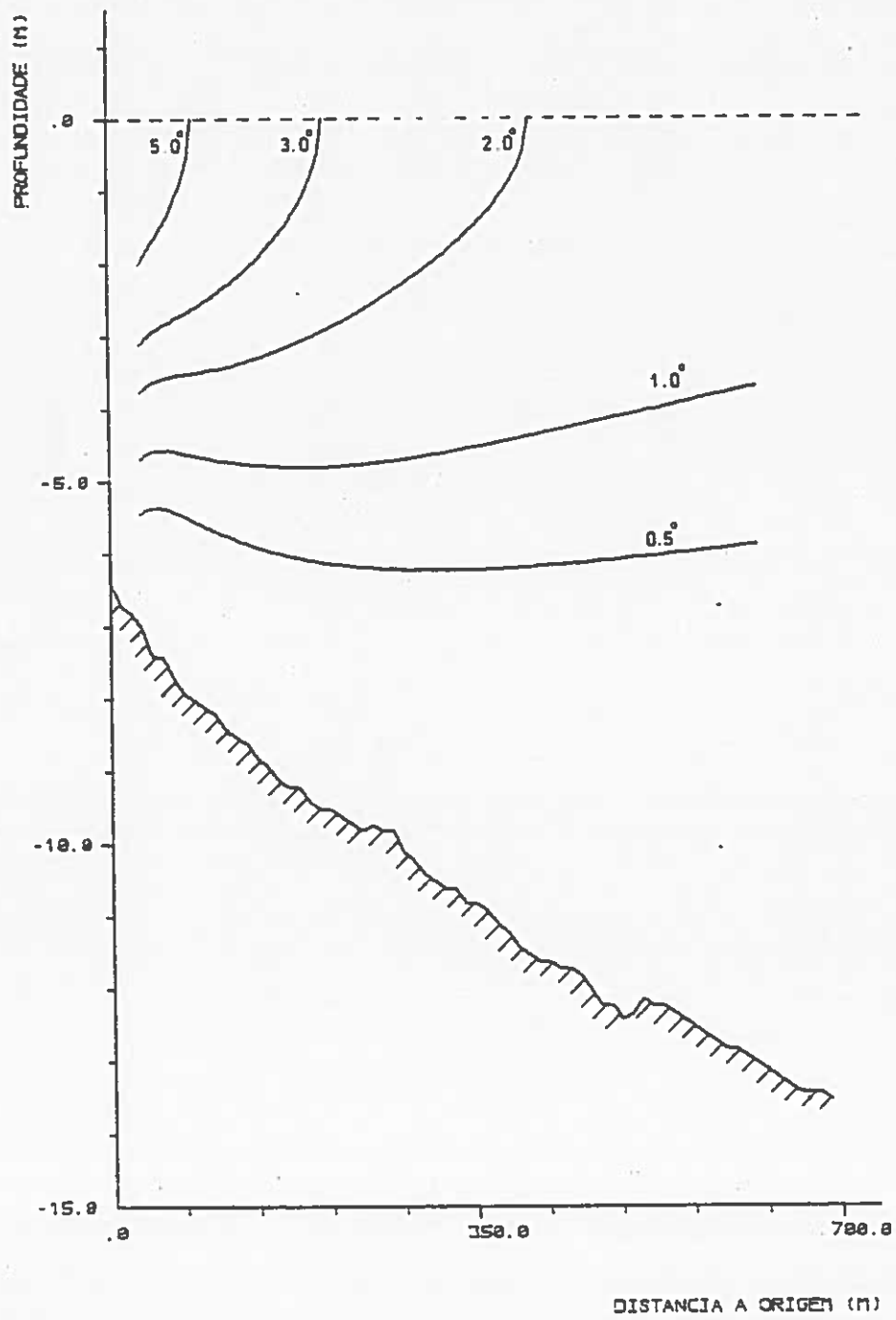


FIG 6 - AREAS AQUECIDAS À SUPERFICIE

(2. GRUPOS; 40-3.44M)

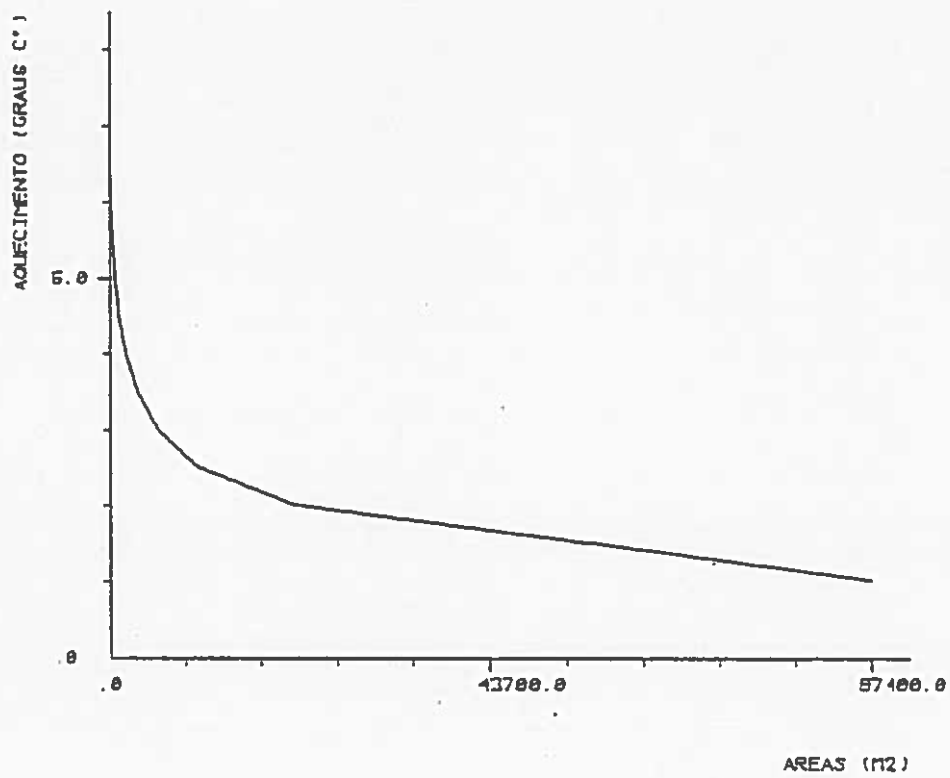


FIG 7 - AQUECIMENTO NO EIXO

(2 GRUPOS; $H_0=3.44M$)

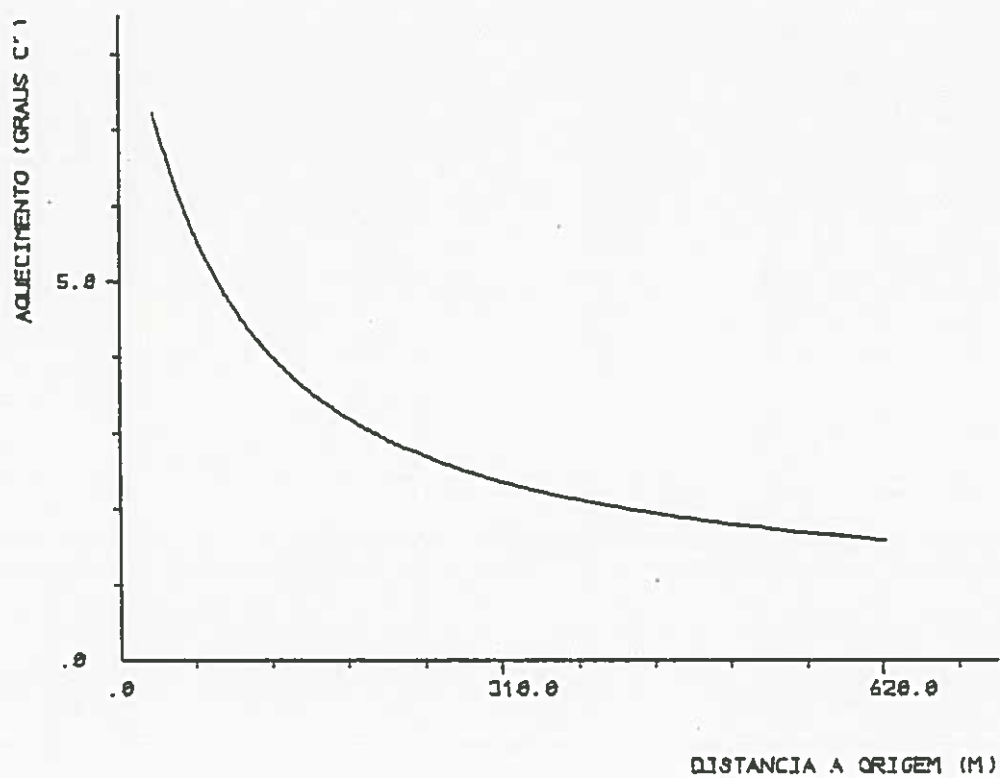


FIG 8 - DILUICAO MEDIA

(2 GRUPOS; $H_0=3.44M$)

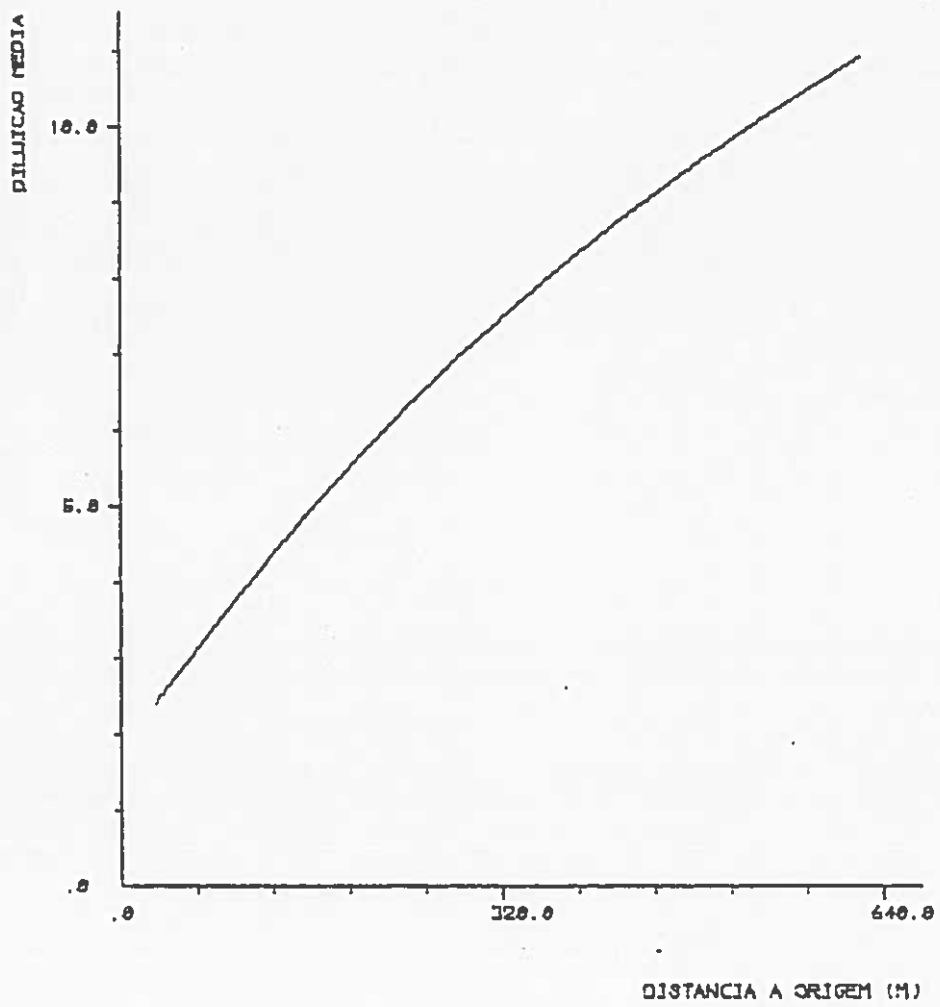


Fig. 9 - Isolinhas de aquecimento, à superfície
(2 grupos; $h_0 = 2.67$ m)

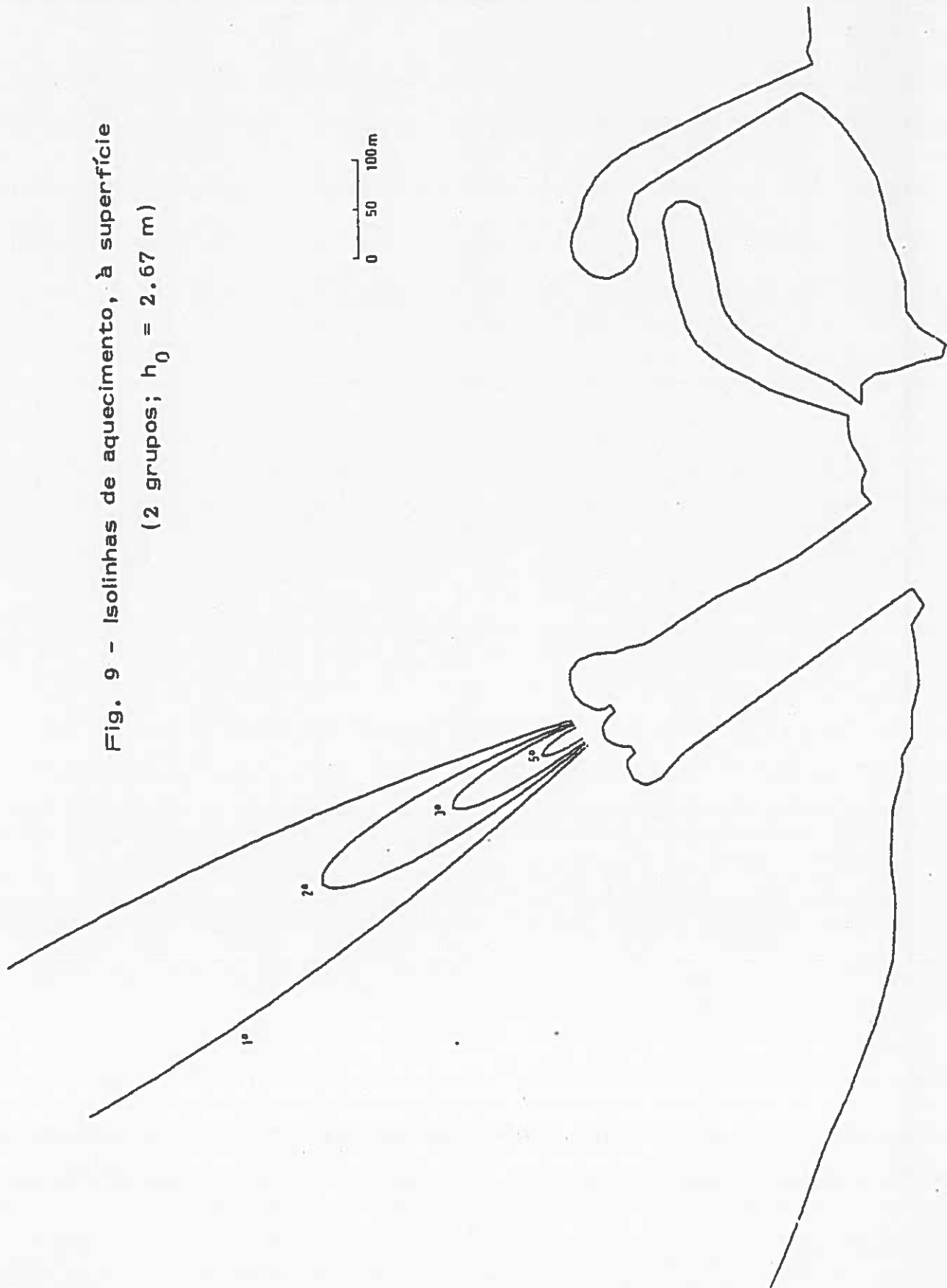


FIG 10 - ISOLINHAS DE AQUEC. NUM PLANO

VERT. PASSAN. P/EIXO (2 GRUPOS; $H_0=2.67\text{M}$)

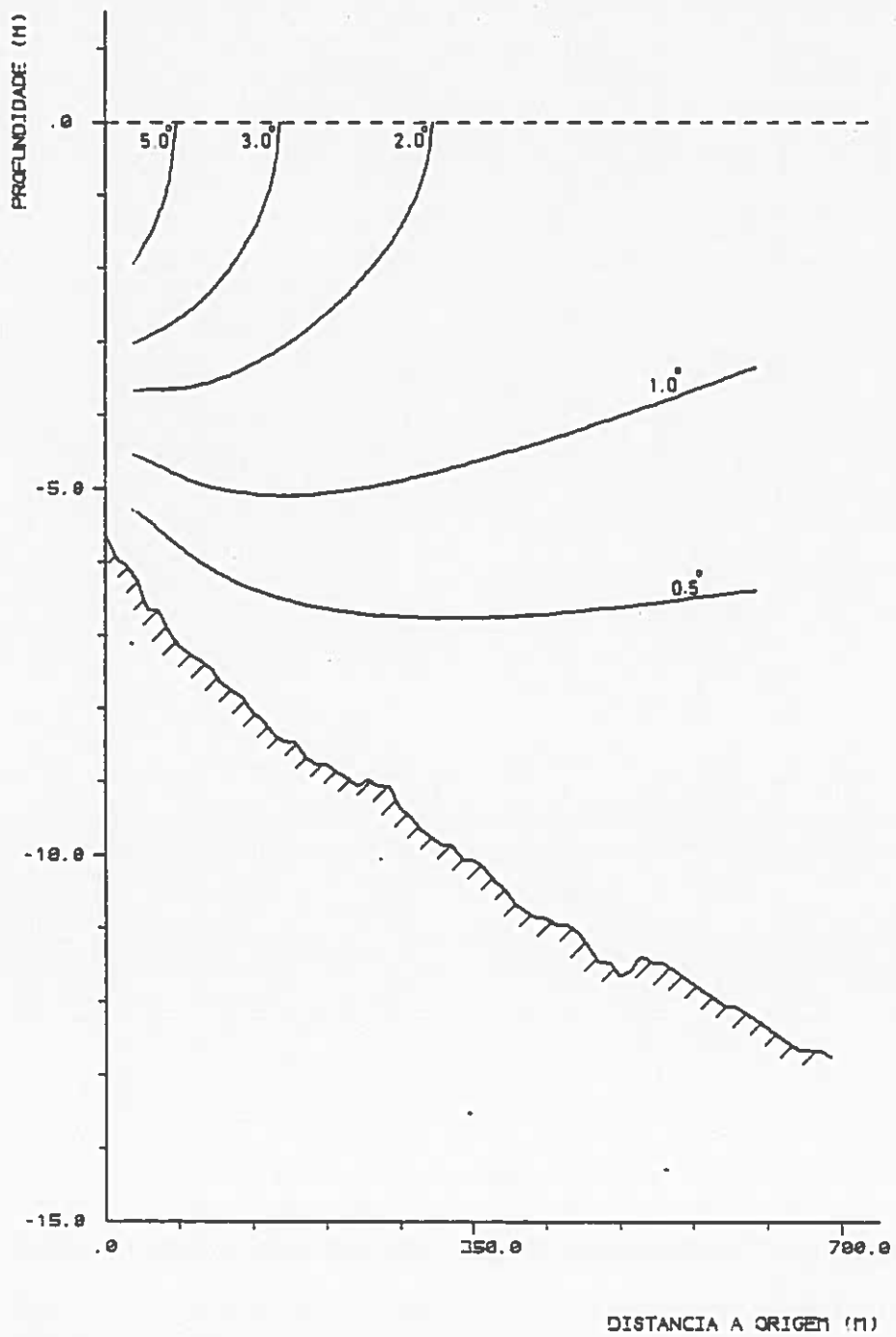


FIG 11 - AREAS AQUECIDAS A SUPERFICIE

(2 GRUPOS: $H_0=2.67\text{M}$)

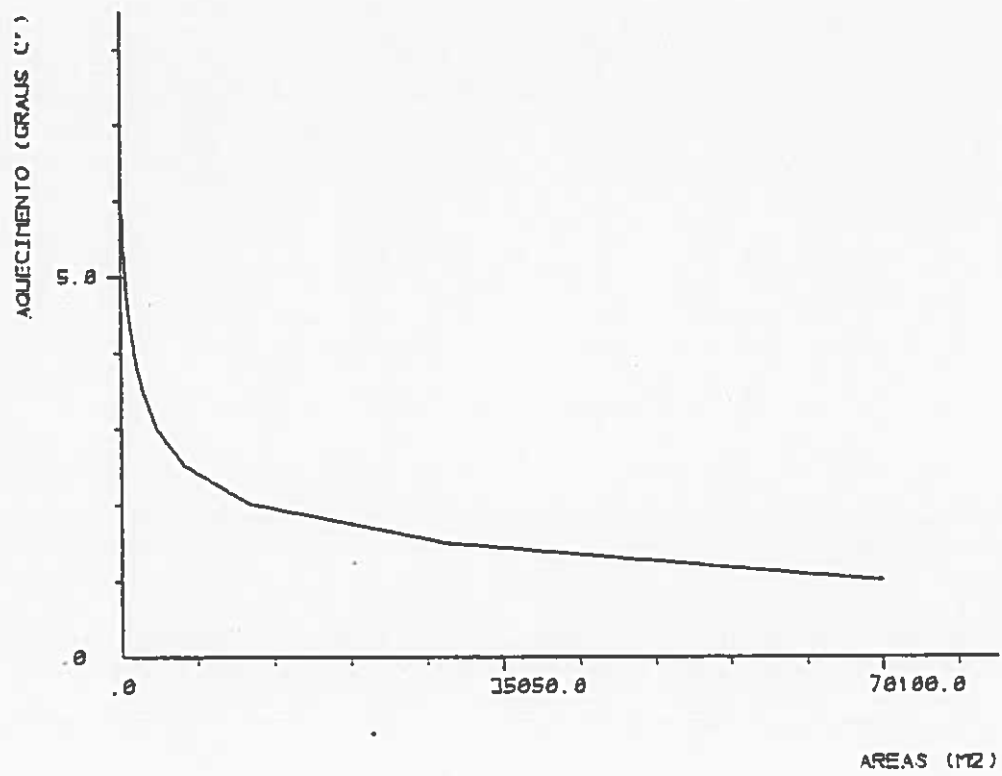


FIG 12 - AQUECIMENTO NO EIXO

(2 GRUPOS: $H_0=2.67M$)

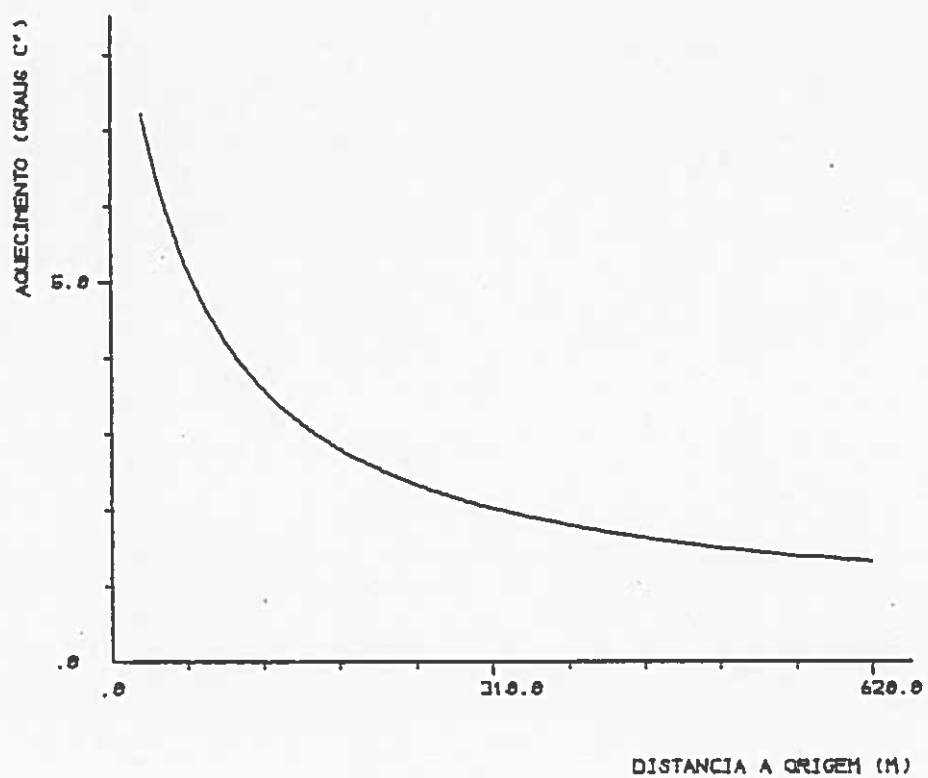


FIG 13 - DILUICAO MEDIA

(2 GRUPOS; $H_0=2.67M$)

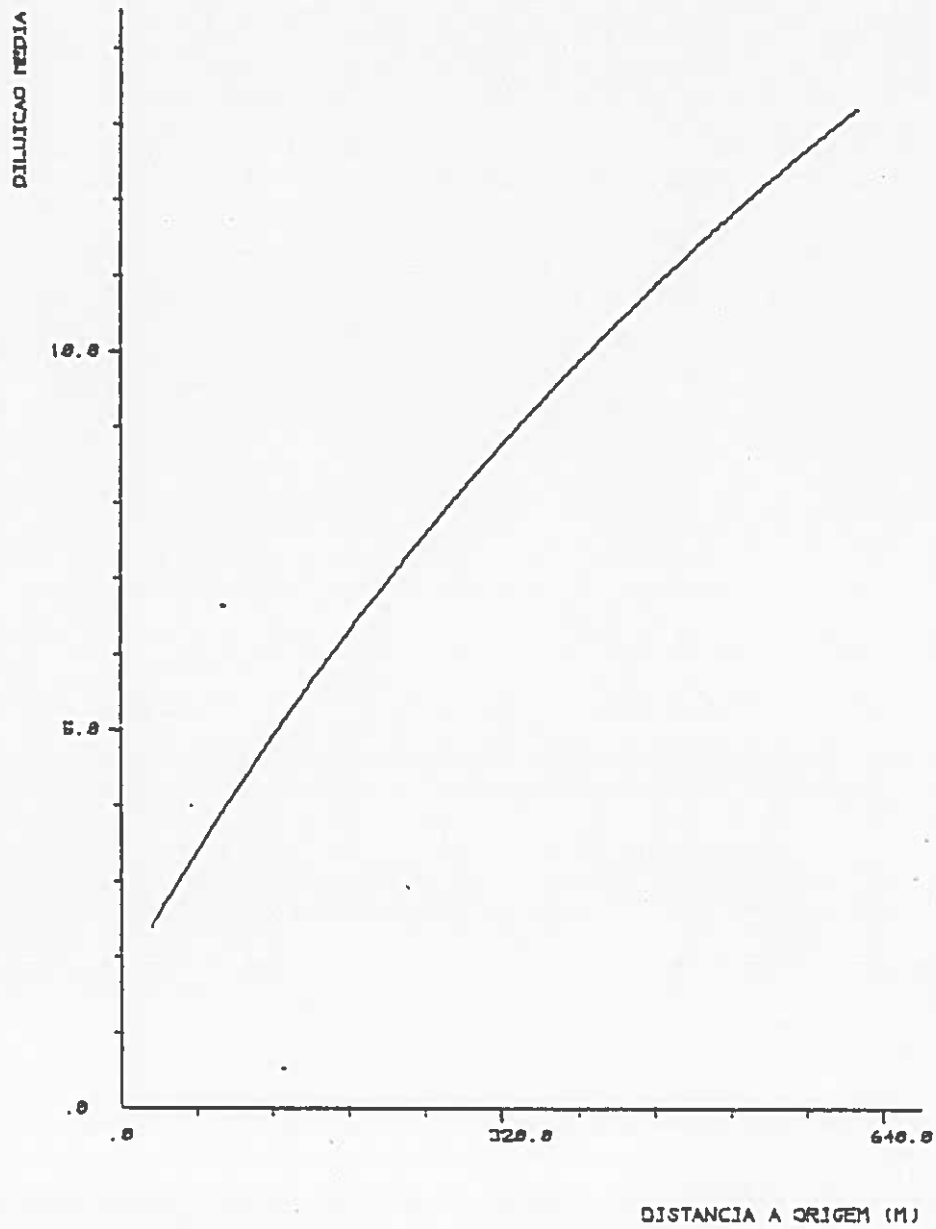


Fig. 14 - Isolinhas de aquecimento, à superfície
(2 grupos; $h_0 = 2.00$ m)

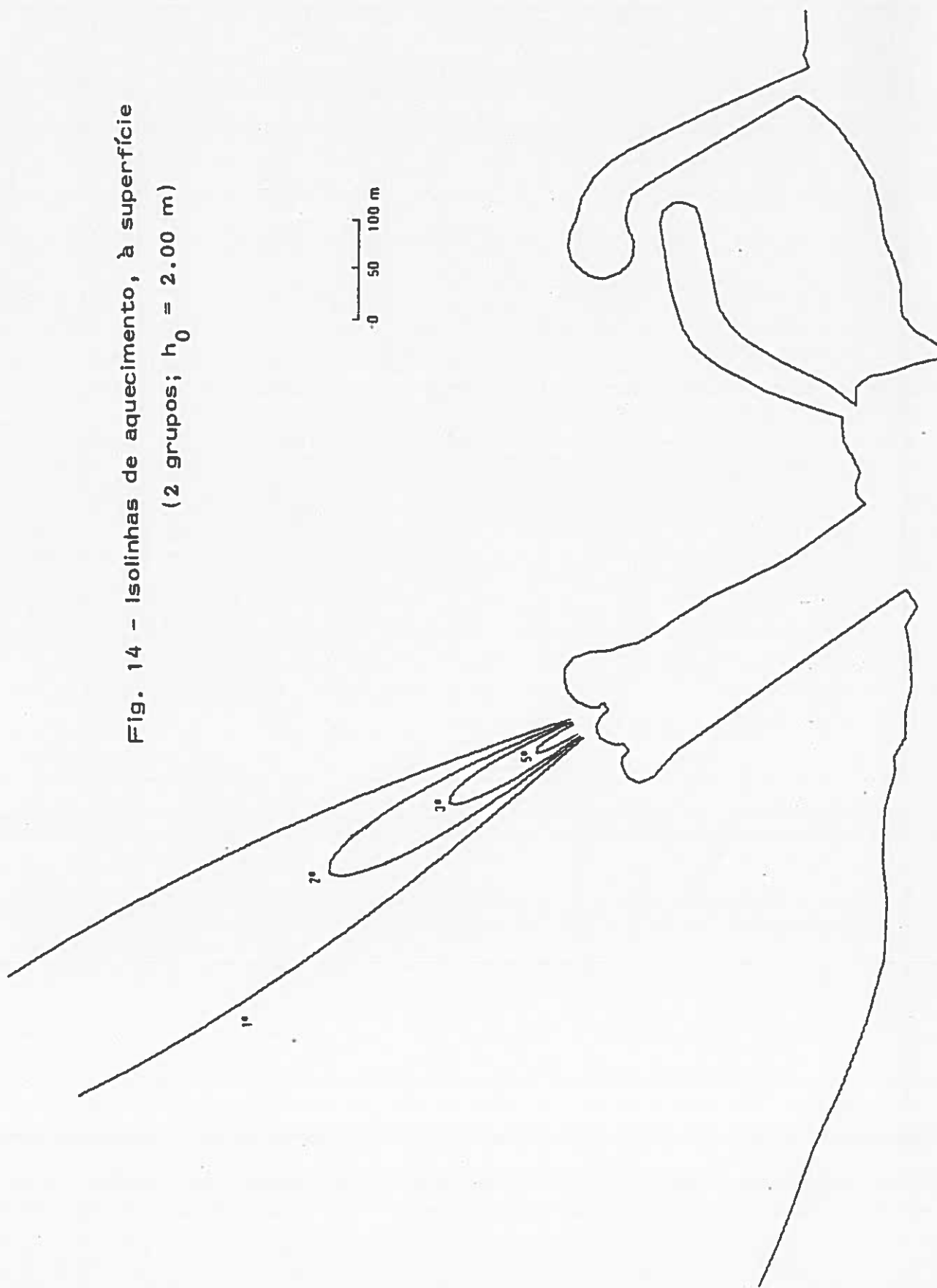


FIG 15 - ISOLINHAS DE AQUEC. NUM PLANO

VERT. PASSAN. P/EIXO (2 GRUPOS: 40-2.00M)

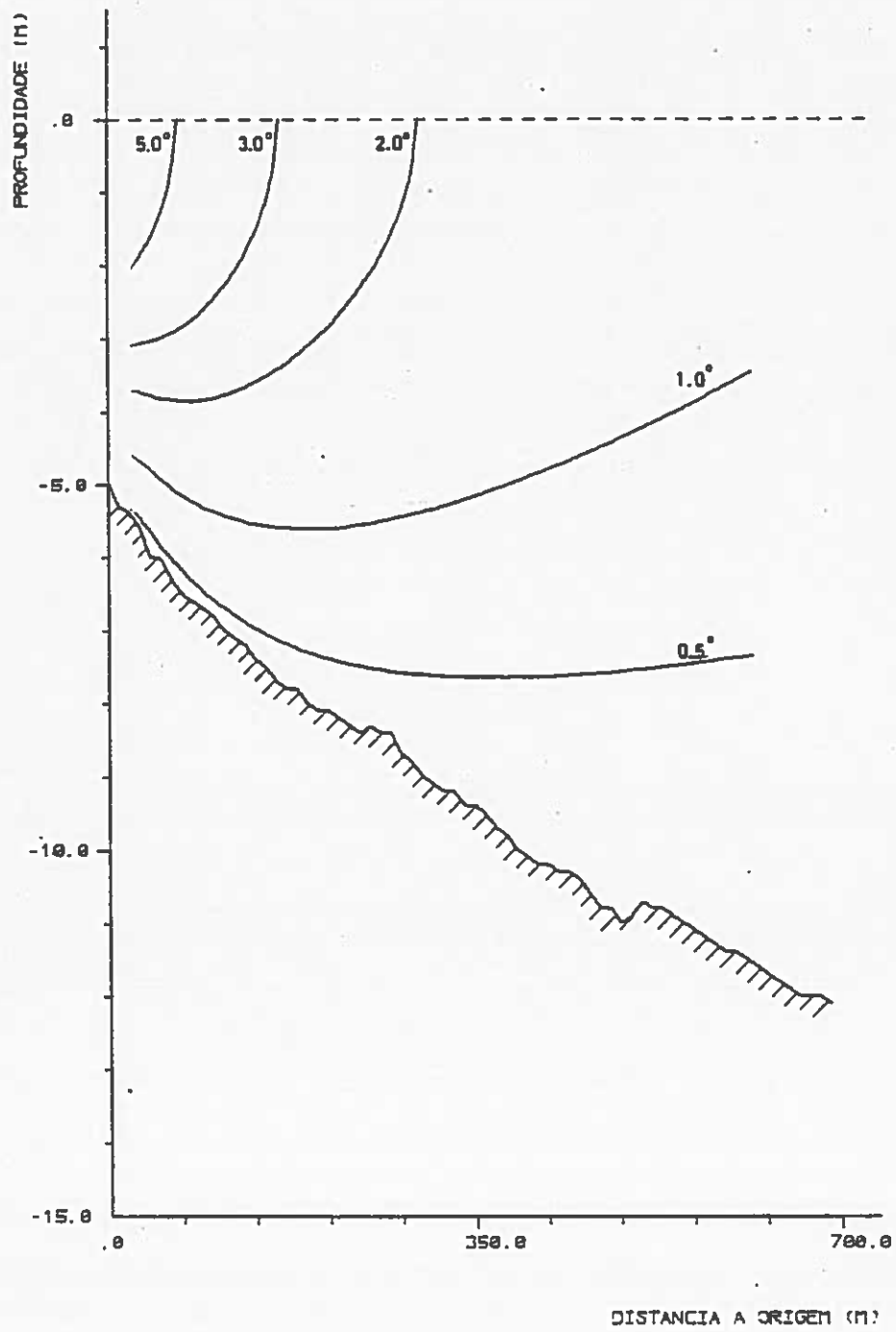


FIG 16 - AREAS AQUECIDAS À SUPERFICIE

(2 GRUPOS; 40=2.00M)

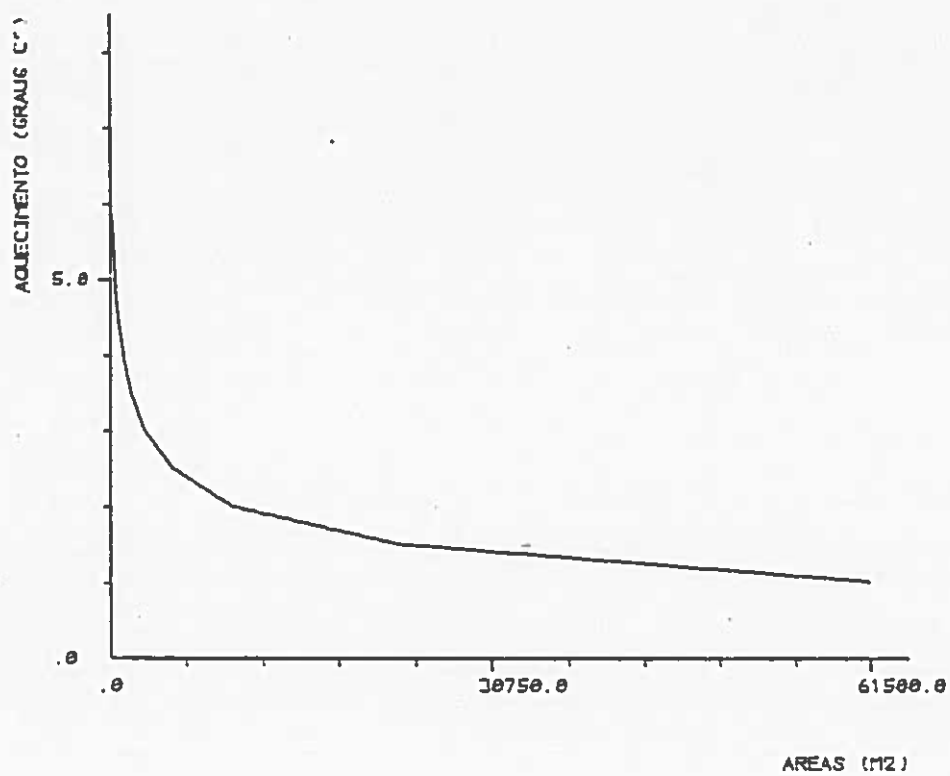


FIG 17 - AQUECIMENTO NO EIXO

(2 GRUPOS: $H_0=2.00M$)

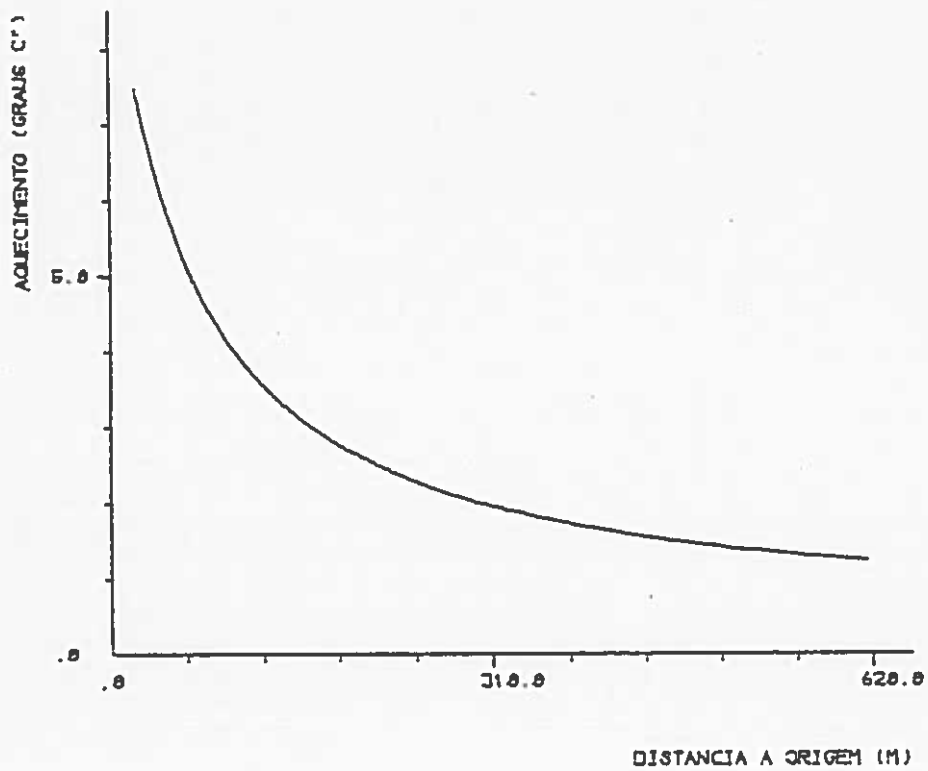


FIG 18 - DILUICAO MEDIA

(2 GRUPOS; $H_0=2.00M$)

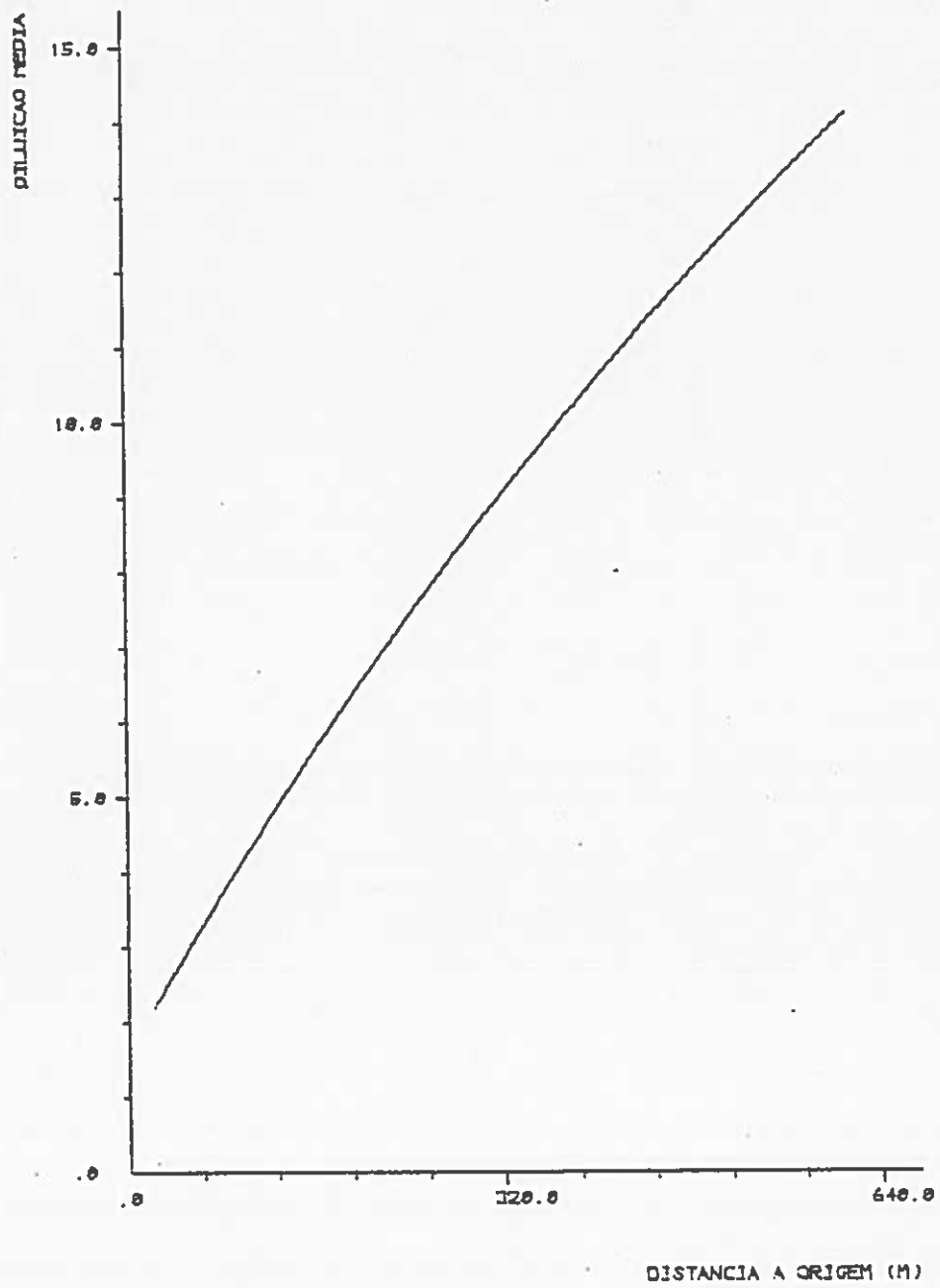


Fig. 19 - Isolinhas de aquecimento, à superfície
(2 grupos; $h_0 = 1.35$ m)

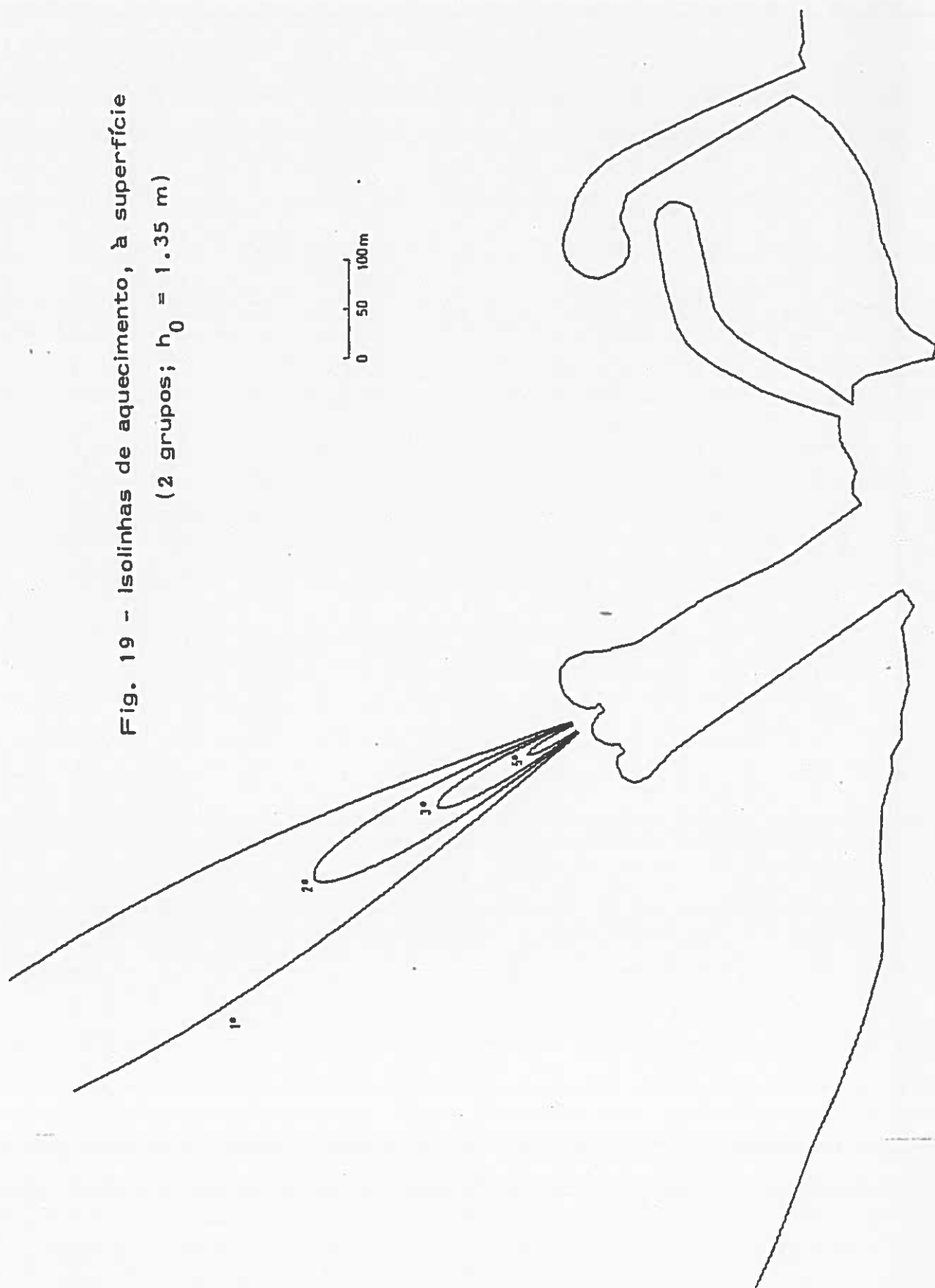


FIG 20 - ISOLINHAS DE AQUEC. NUM PLANO

VERT. PASSAN. P/EIXO (2 GRUPOS; 40-1.35M)

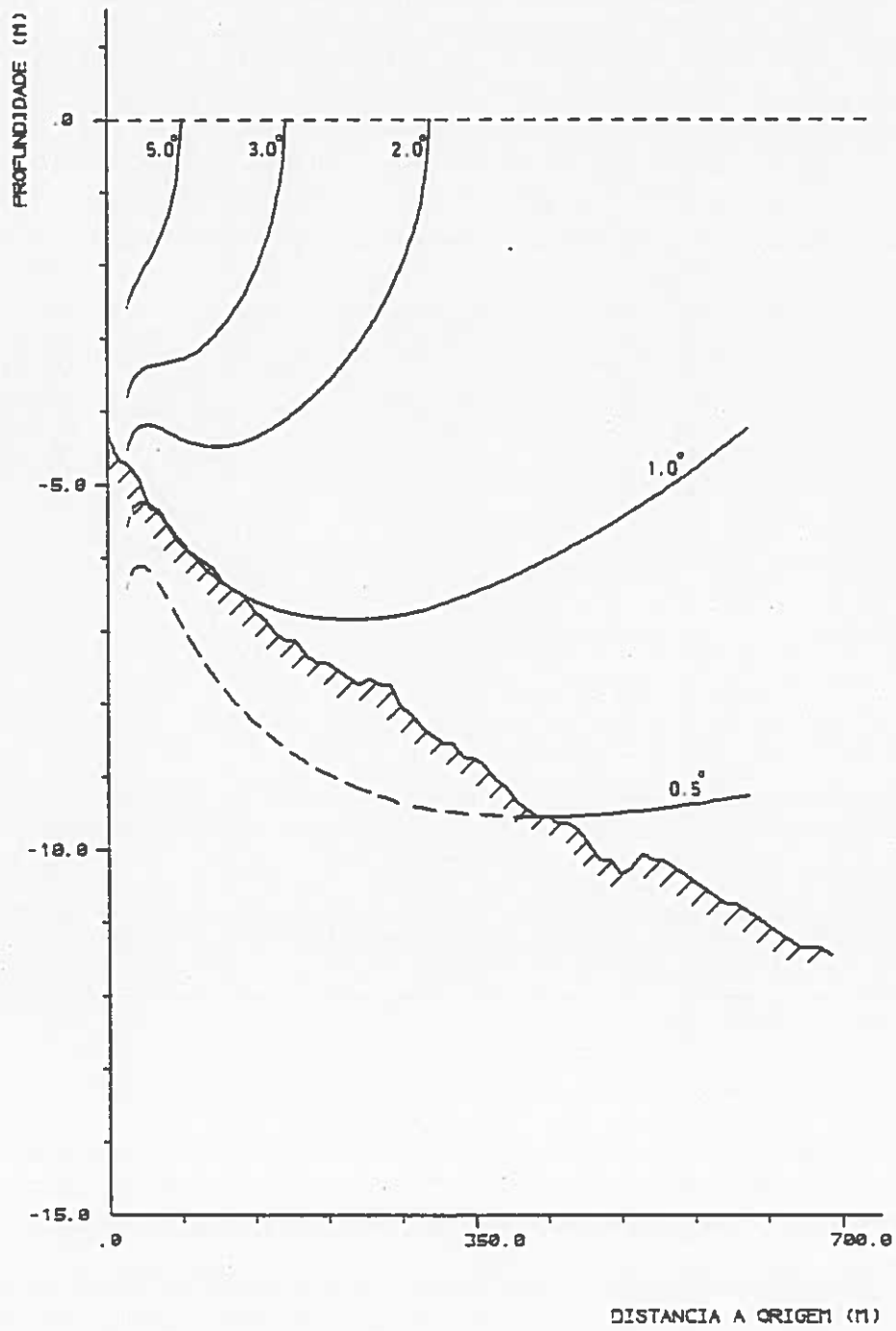


FIG 21 - AREAS AQUECIDAS À SUPERFICIE

(2 GRUPOS; H0=1.35M)

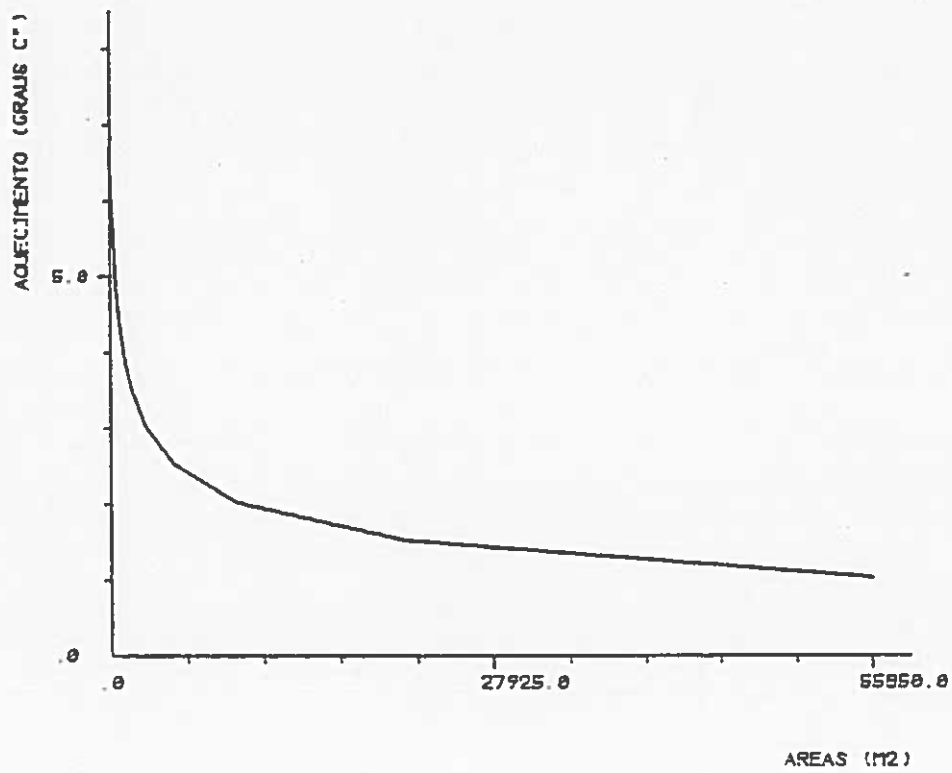


FIG 22 - AQUECIMENTO NO EIXO

(2 GRUPOS; H0=1.35M)

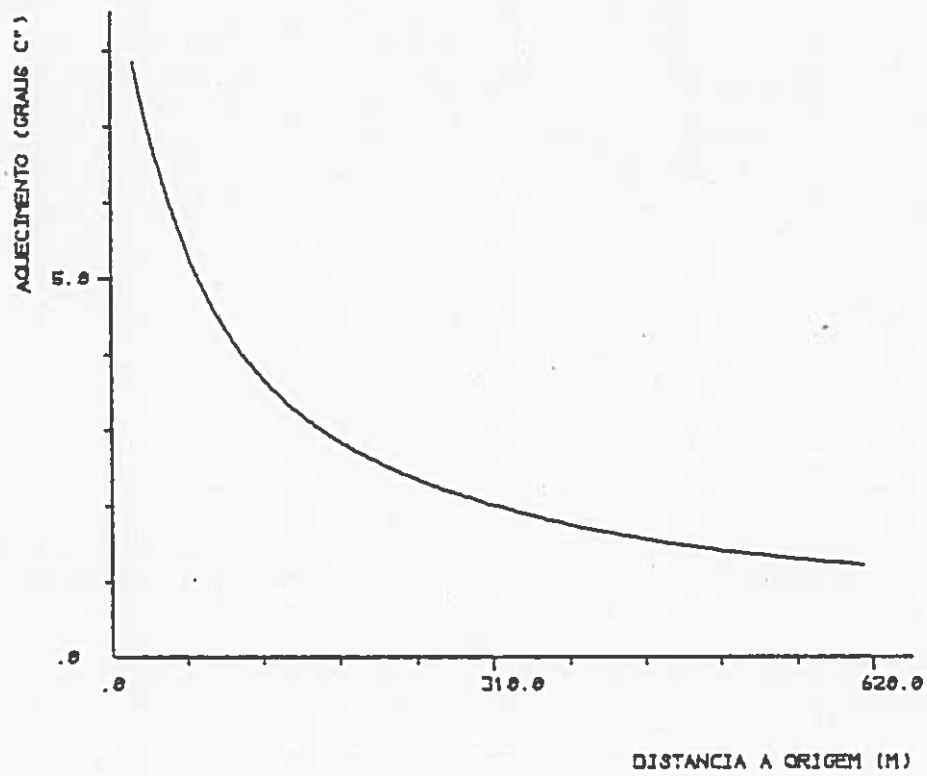


FIG 23 - DILUICAO MEDIA

(2 GRUPOS: 40=1.35M)

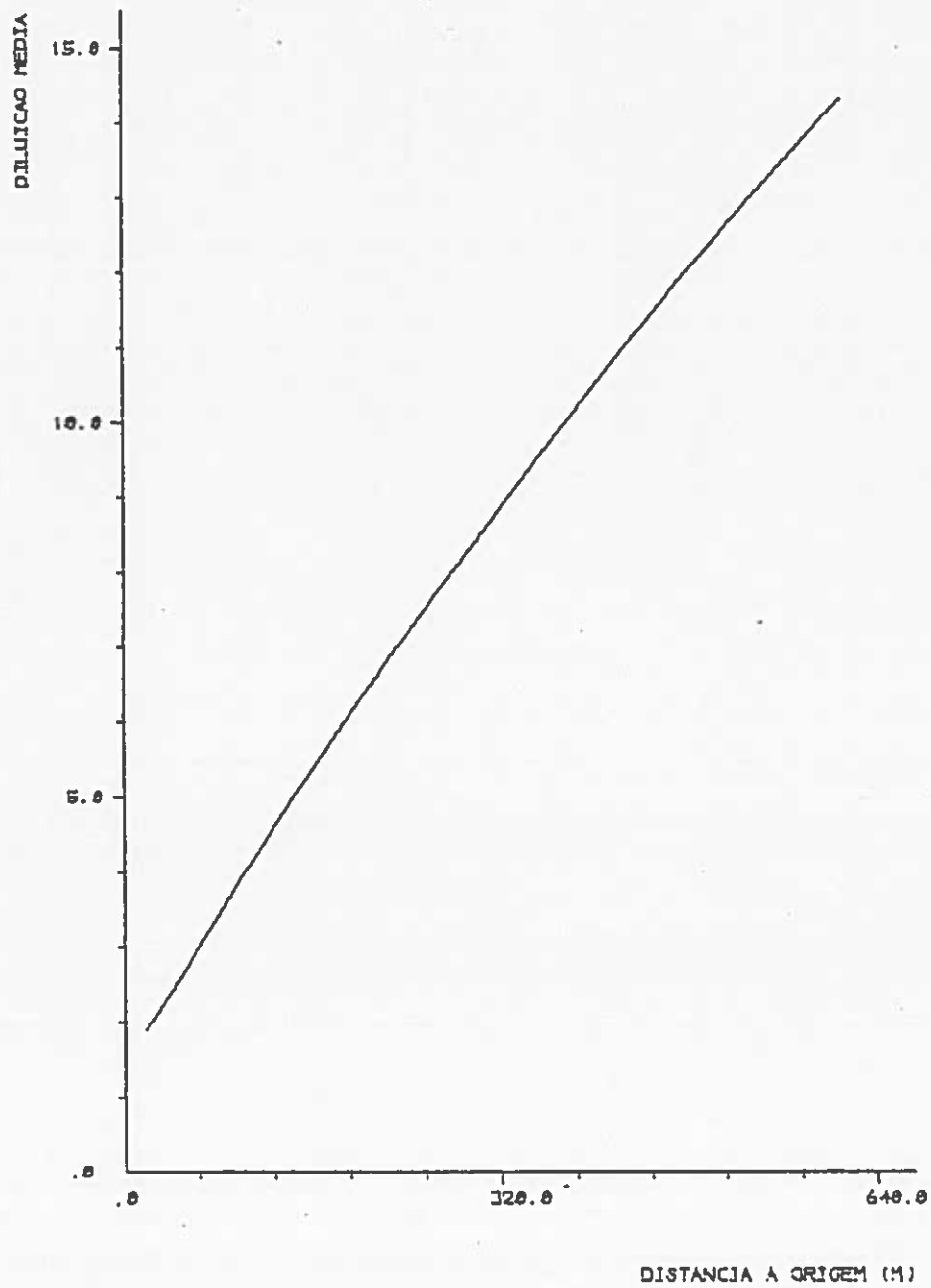


Fig. 24 - Isolinhas de aquecimento, à superfície
(2 grupos; $h_0 = 0.57$ m)

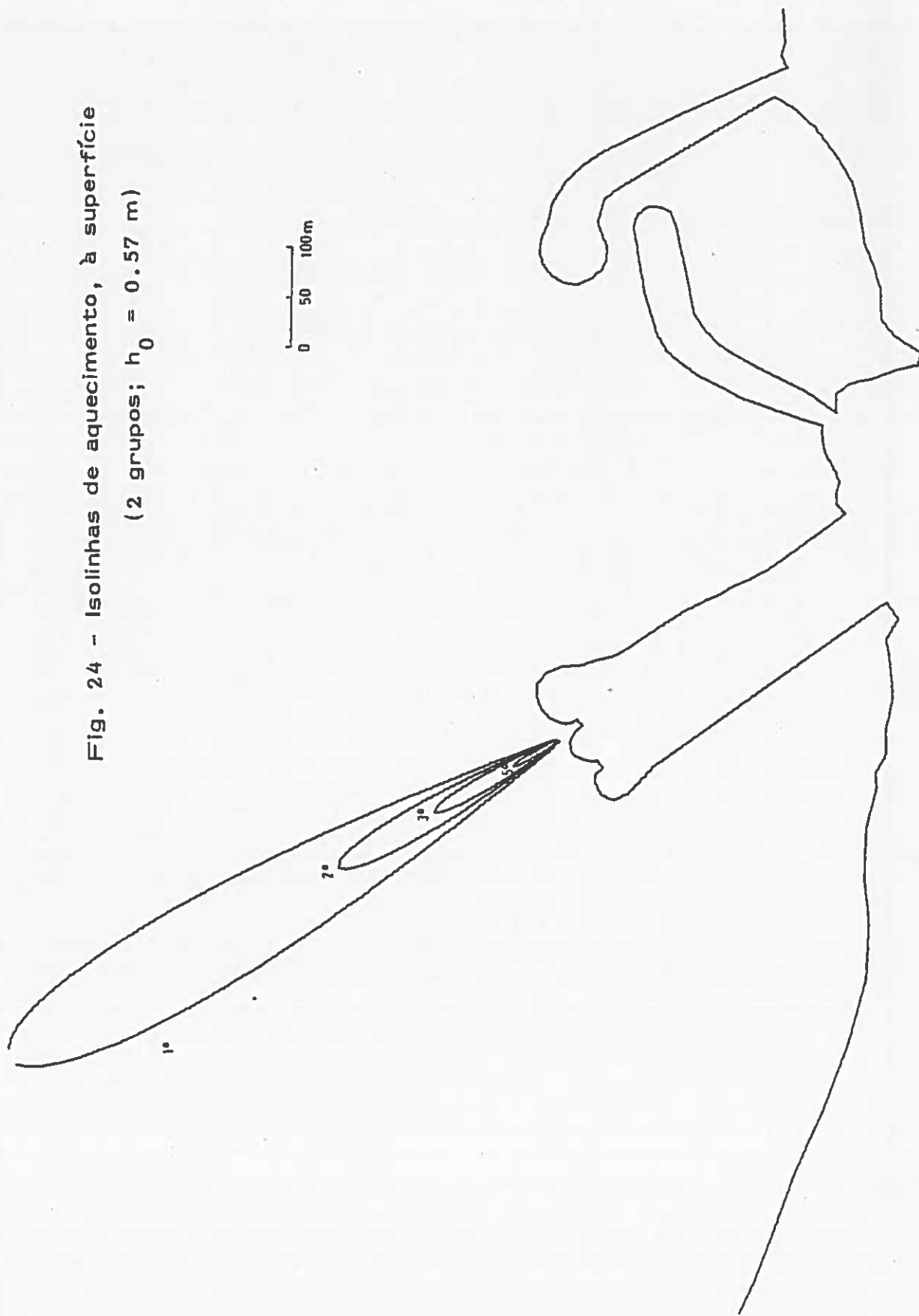


FIG 25 - ISOLINHAS DE AQUEC. NUM PLANO

VERT. PASSAN. P/EIXO (2 GRUPOS, $4\theta=0.571$)

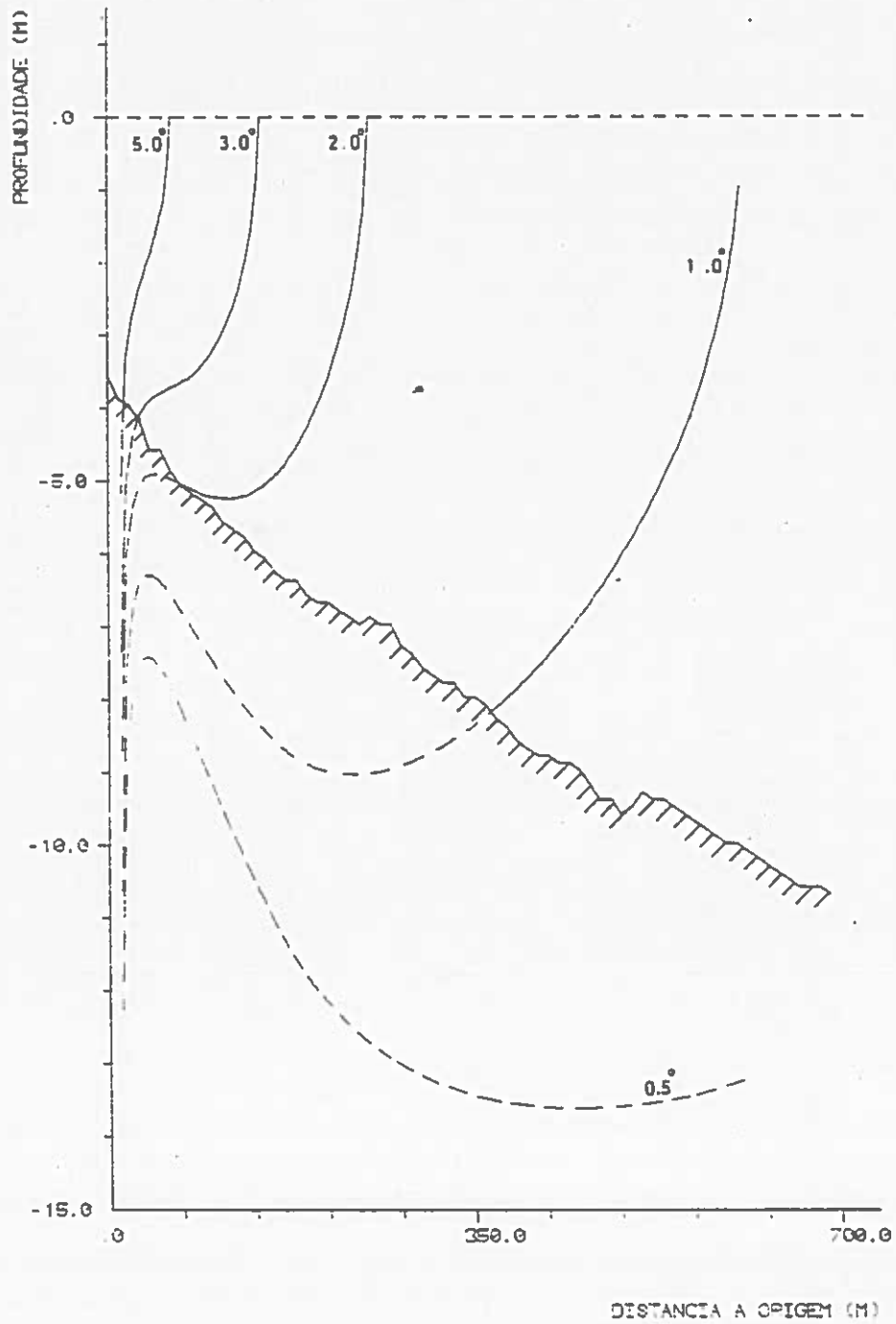


FIG 26 - AREAS AQUECIDAS À SUPERFICIE

(2 GRUPOS; $H_0=0.571$)

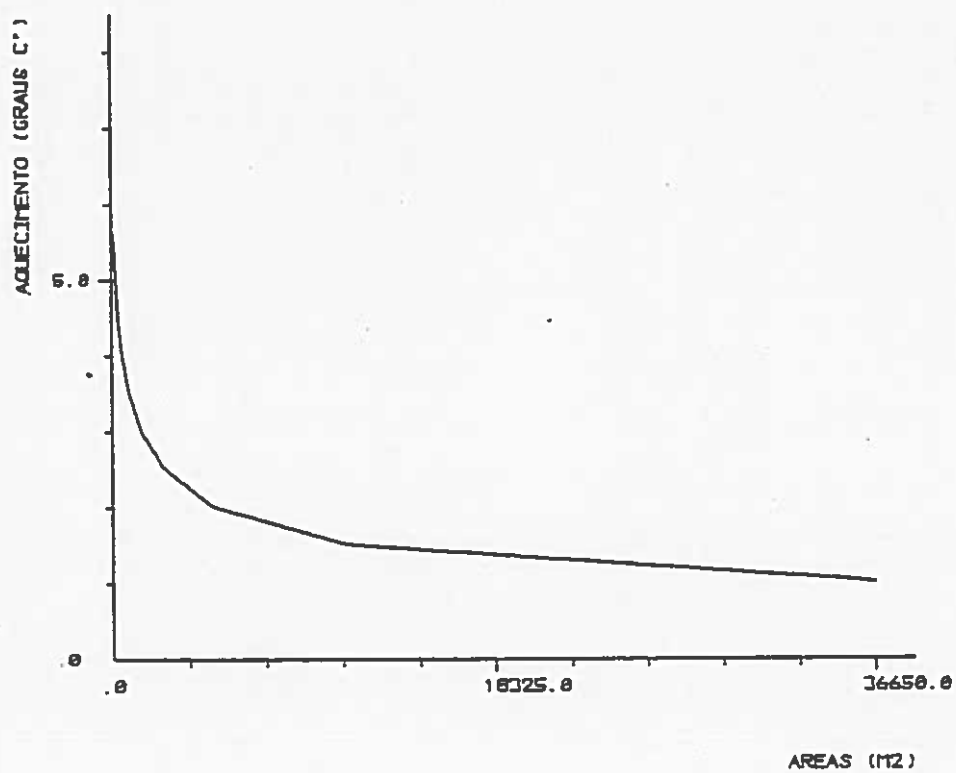


FIG 27 - AQUECIMENTO NO EIXO

(2 GRUPOS: $4\theta=0.57M$)

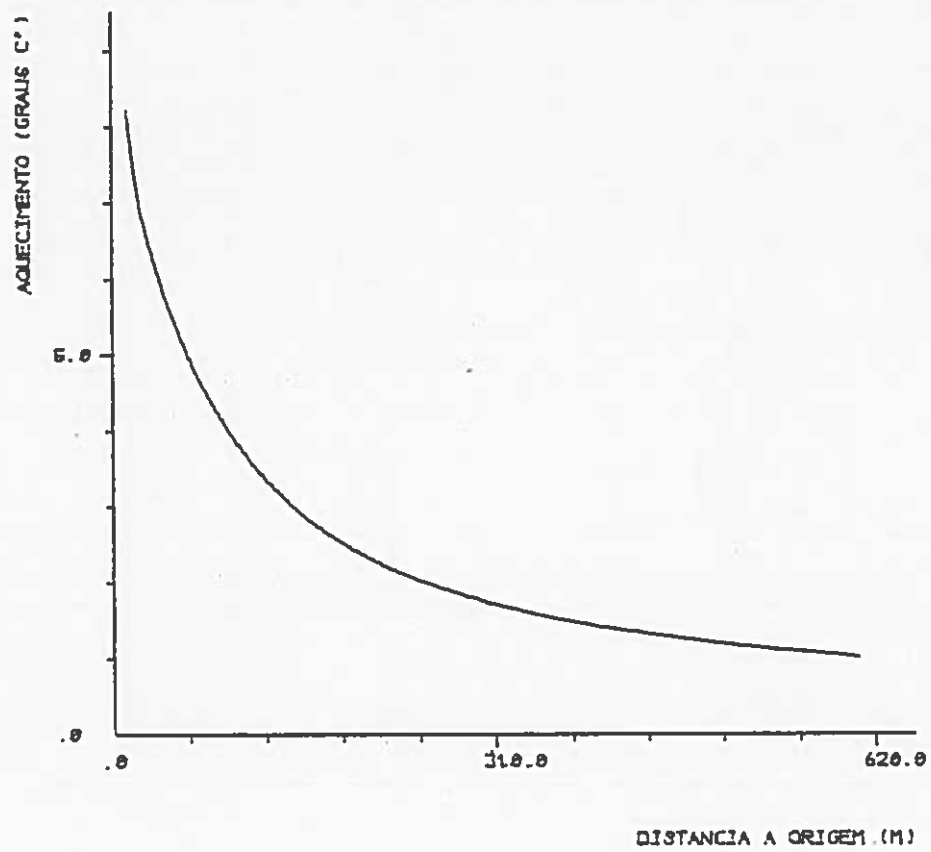


FIG 28 - DILUICAO MEDIA

(2 GRUPOS: 40-0.57M)

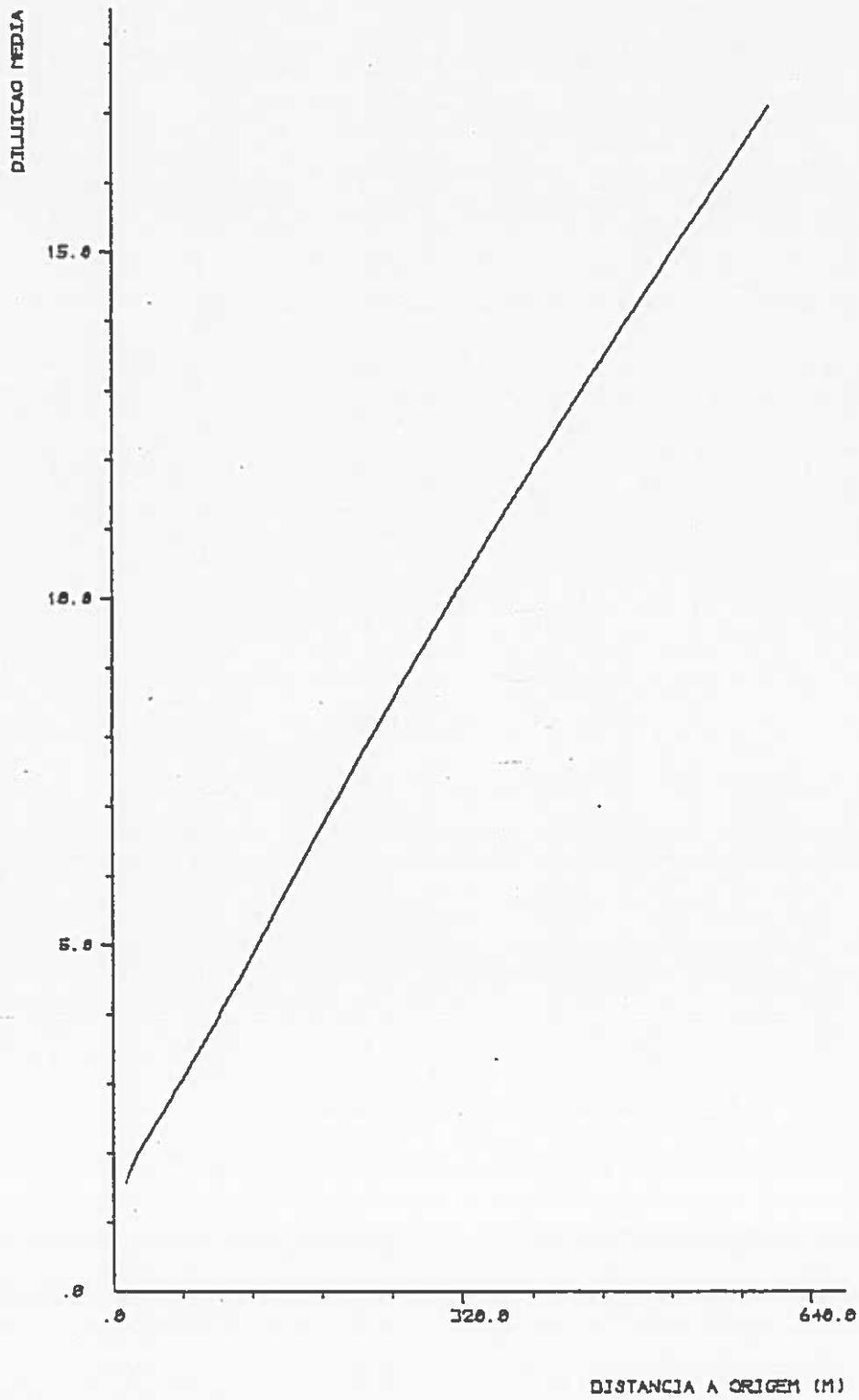


Fig. 29 - Isolinhas de aquecimento, à superfície
(4 grupos; $h_0 = 3.44$ m)

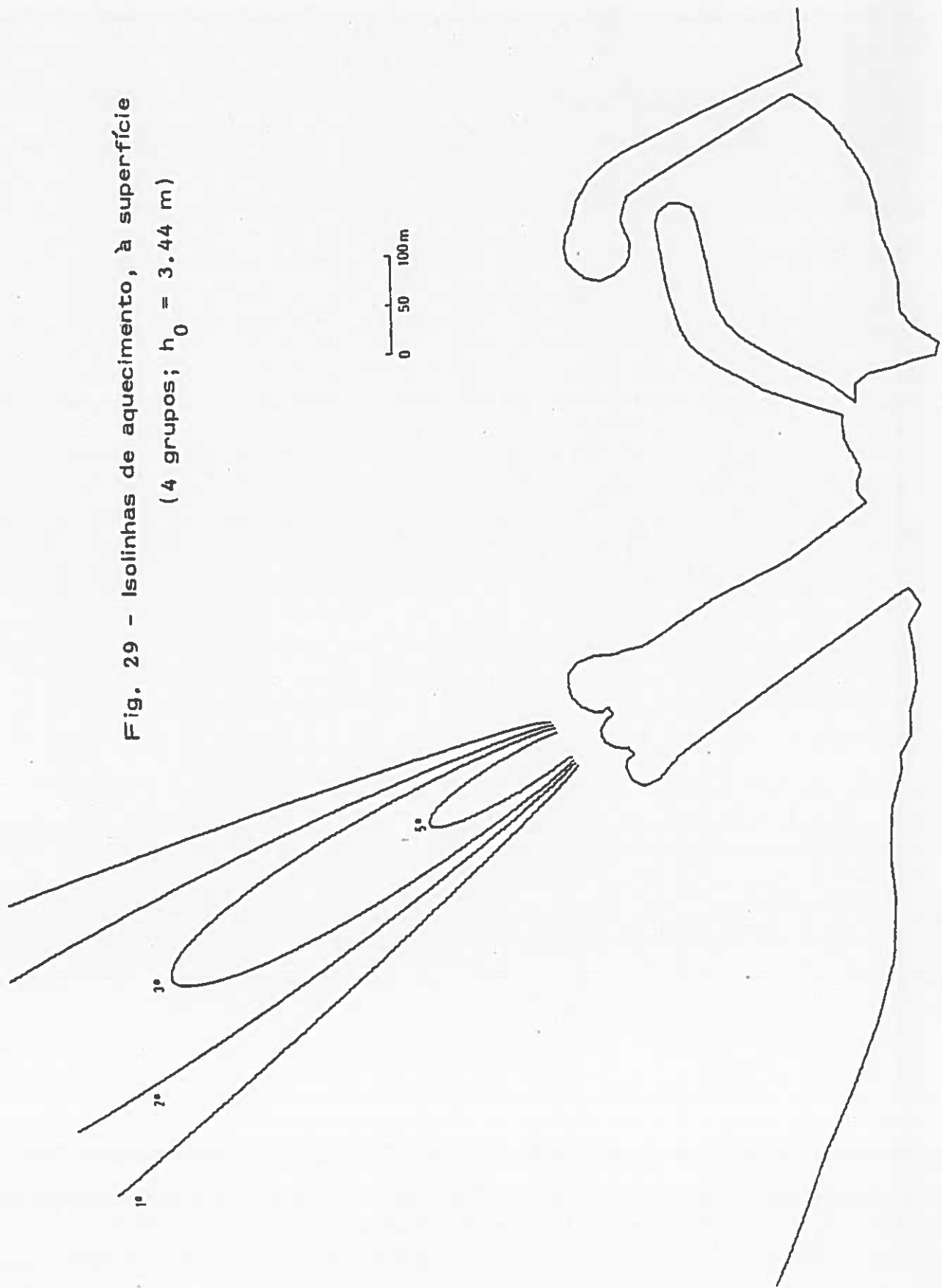


FIG 30 - ISOLINHAS DE AQUEC. NUM PLANO

VERT. PASSAN. P/EIXO (4 GRUPOS: H0=3.44M)

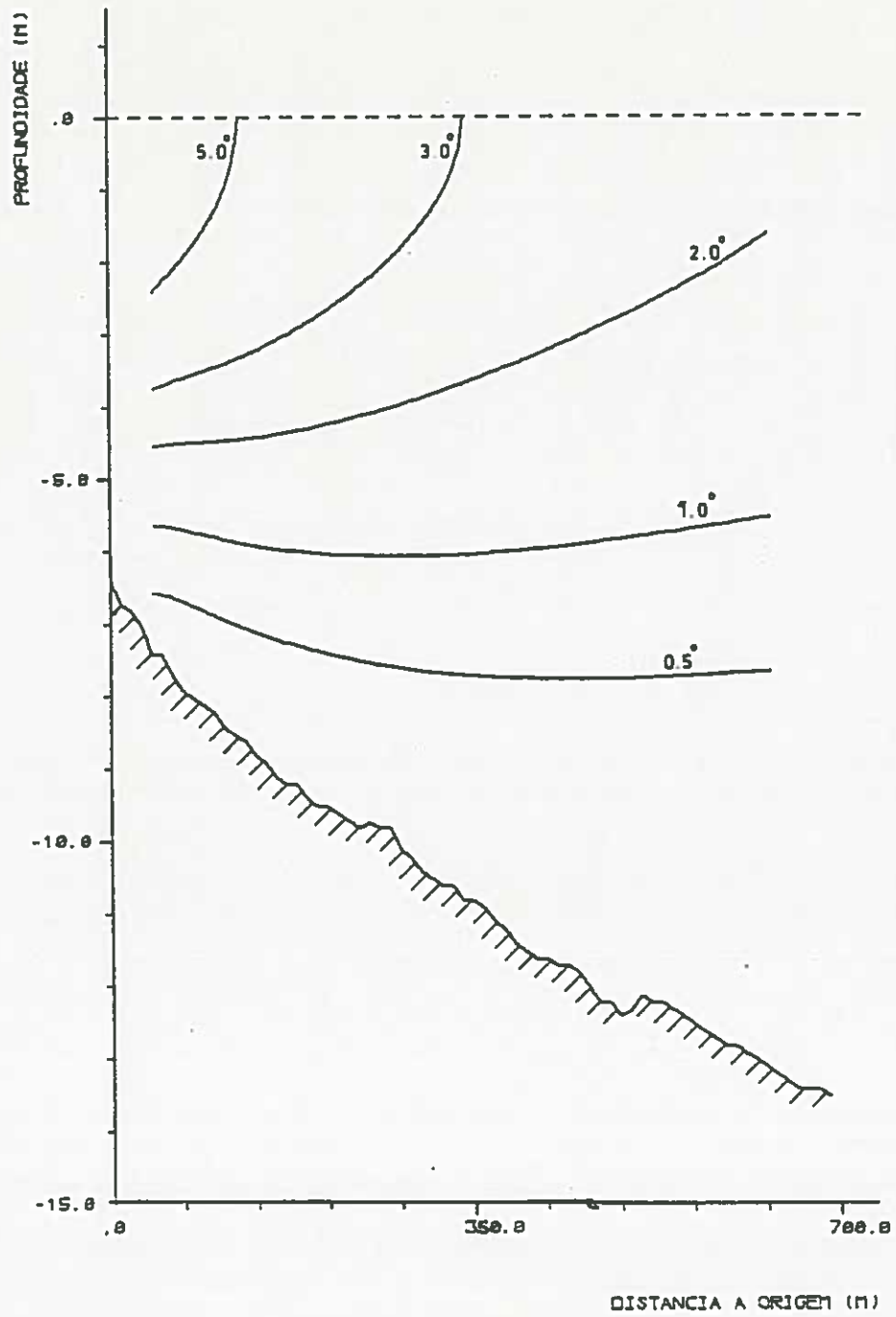


FIG 31 - AREAS AQUECIDAS À SUPERFICIE

(4 GRUPOS; H0=3.44M)

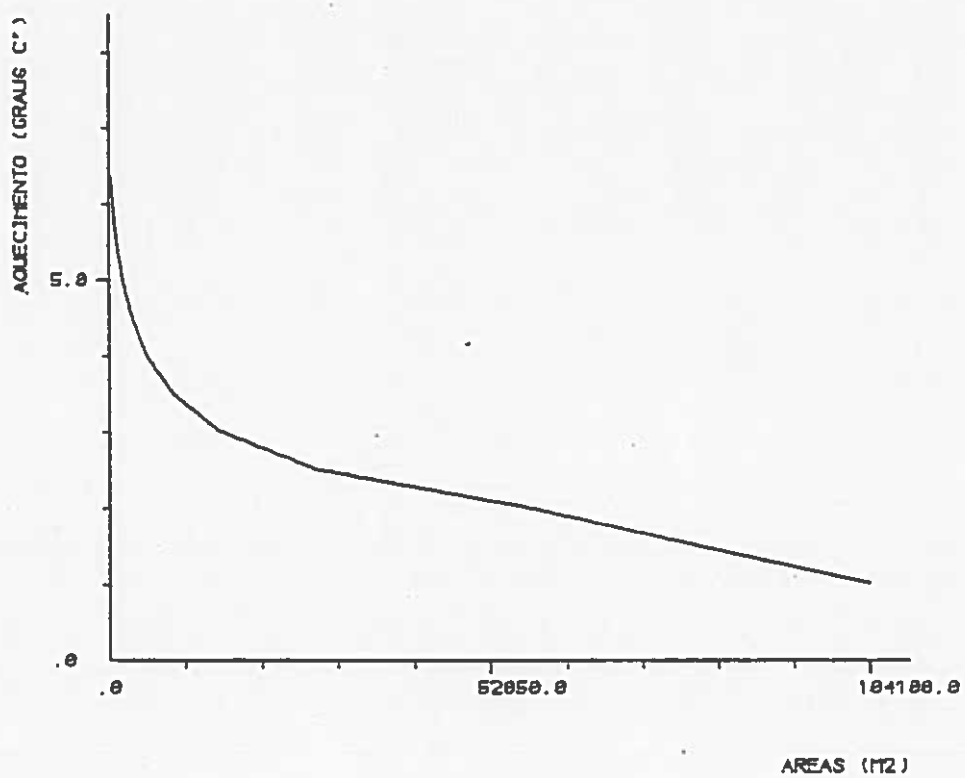


FIG 32 - AQUECIMENTO NO EIXO

(4 GRUPOS; $H_0=3.44M$)

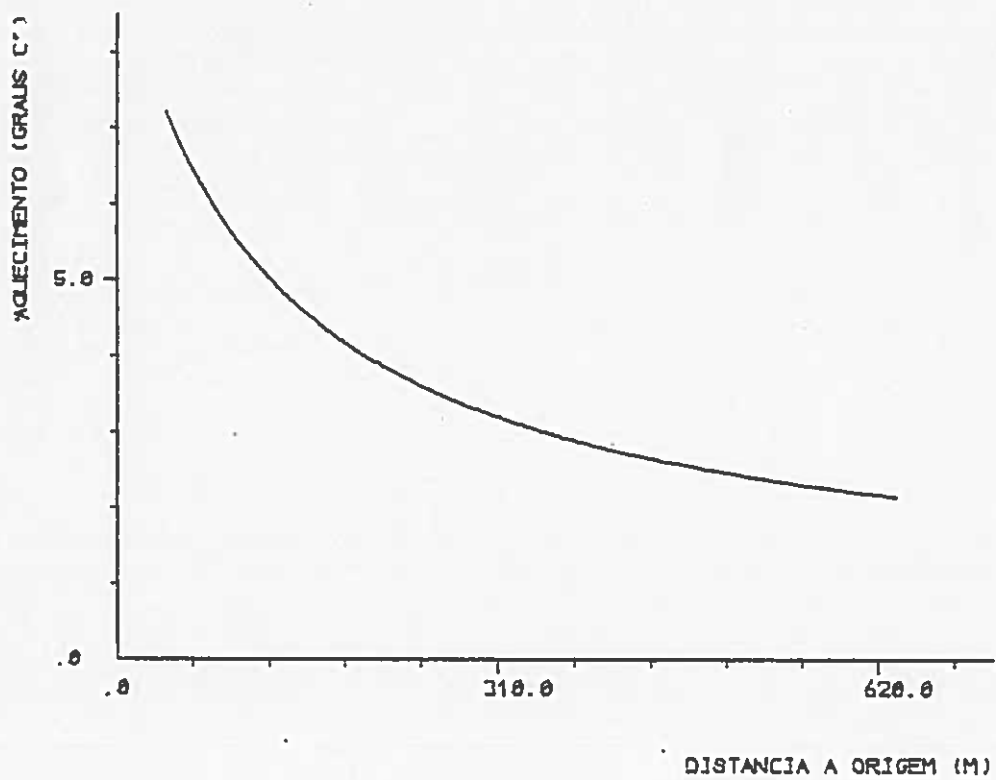


FIG 33 - DILUICAO MEDIA

(4 GRUPOS: H0=3.44M)

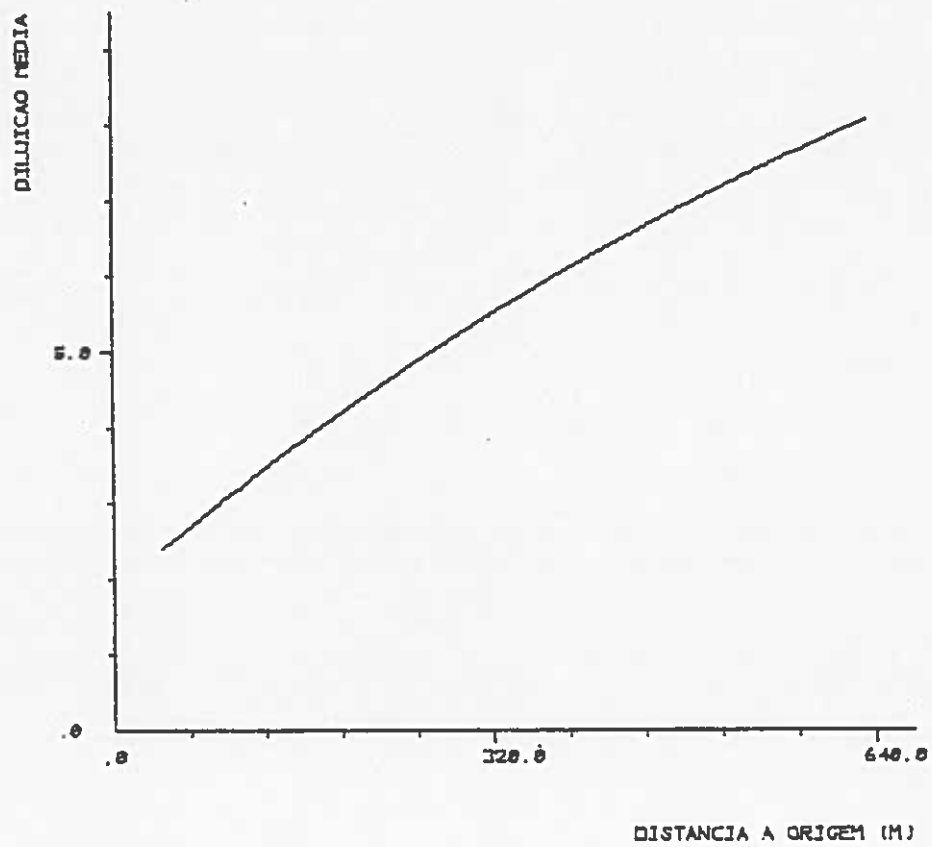


Fig. 34 - Isolinhas de aquecimento, à superfície
(4 grupos; $h_0 = 2.67$ m)

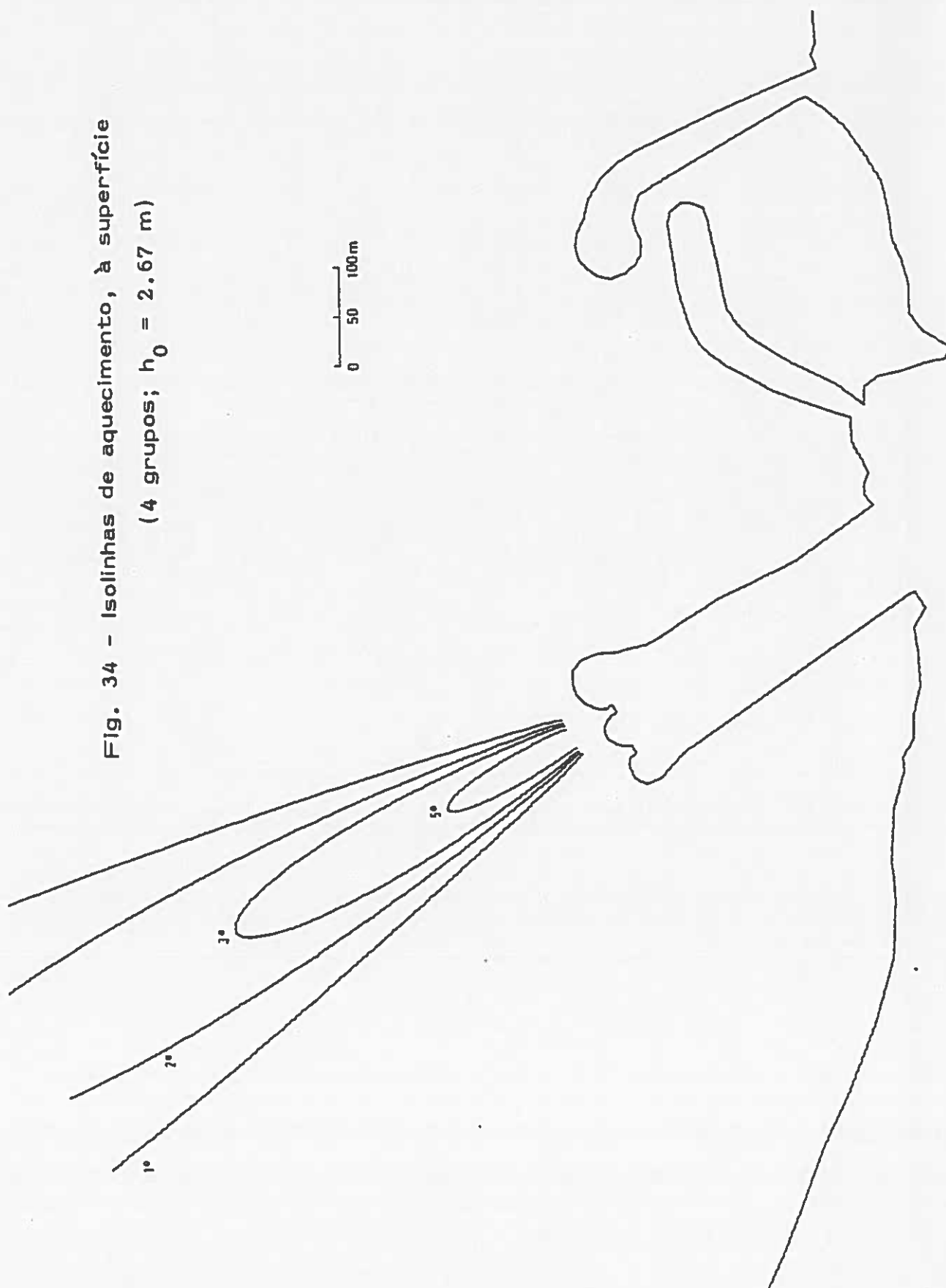


FIG 35 - ISOLINHAS DE AQUEC. NUM PLANO

VERT. PASSAN. P/EIXO (4 GRUPOS; $H_0=2.67M$)

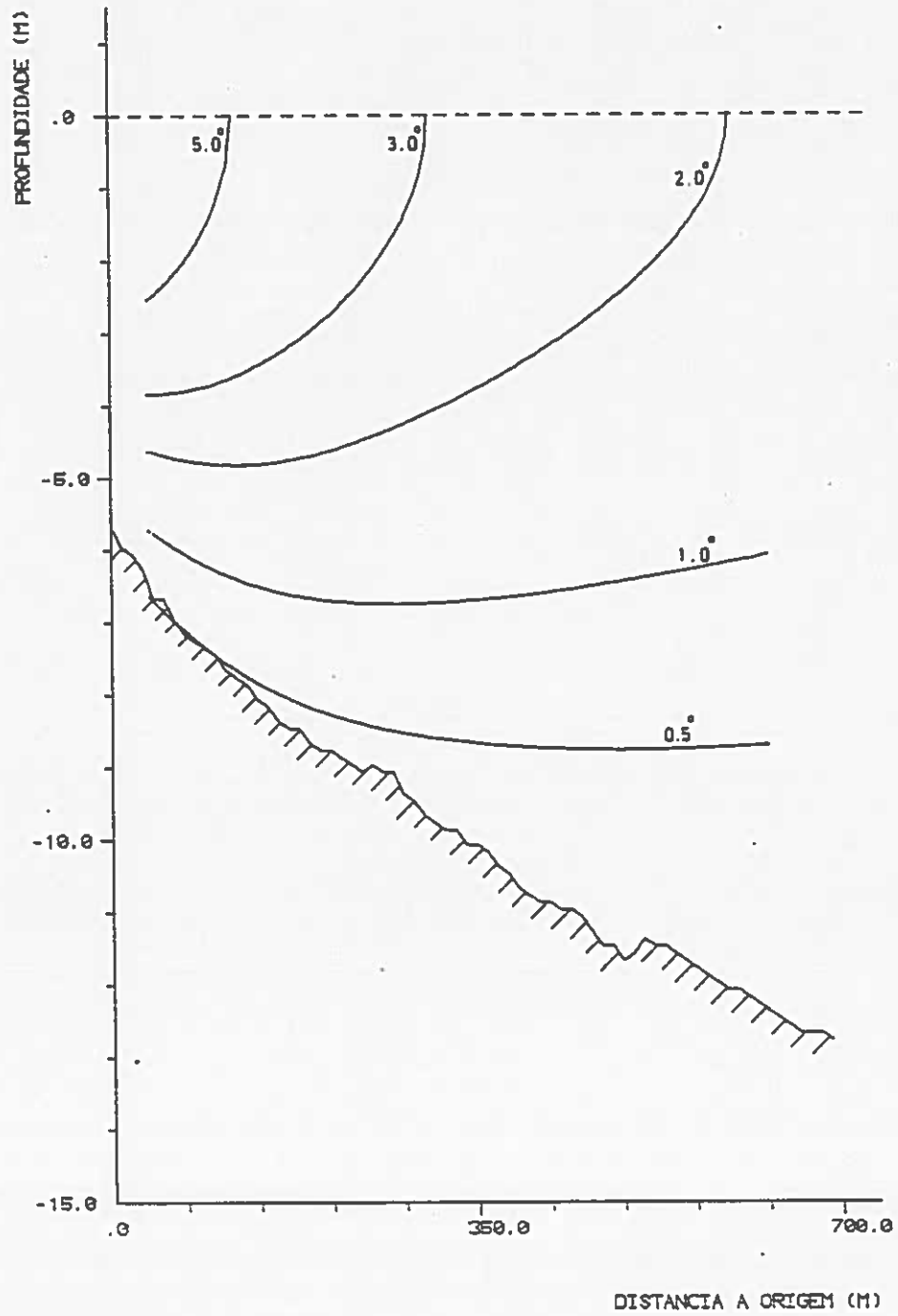


FIG 36 - AREAS AQUECIDAS , A SUPERFICIE

(4 GRUPOS; H0=2.67M)

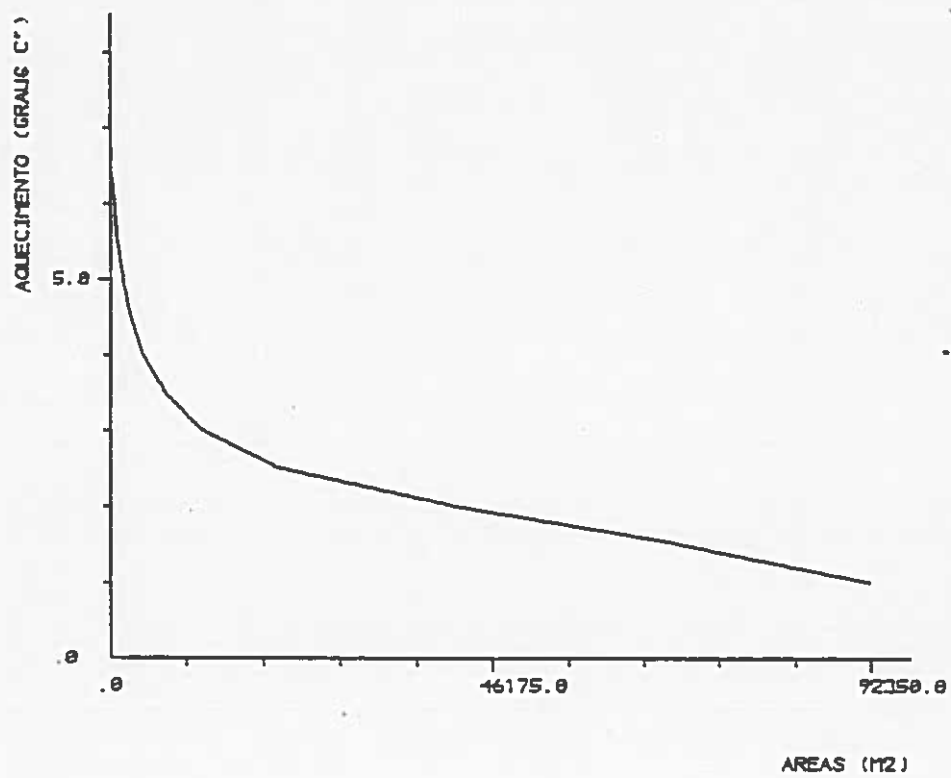


FIG 37 - AQUECIMENTO NO EIXO

(4 GRUPOS; H0=2.67M)

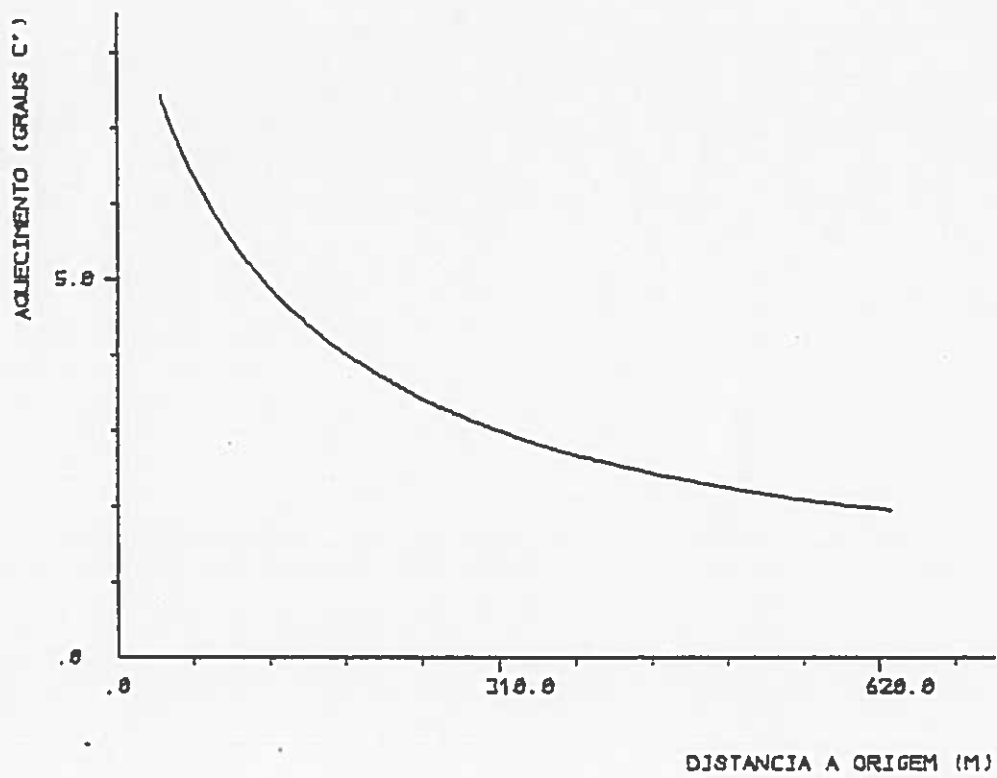


FIG 38 - DILUICAO MEDIA

(4 GRUPOS: 40=2.67M)

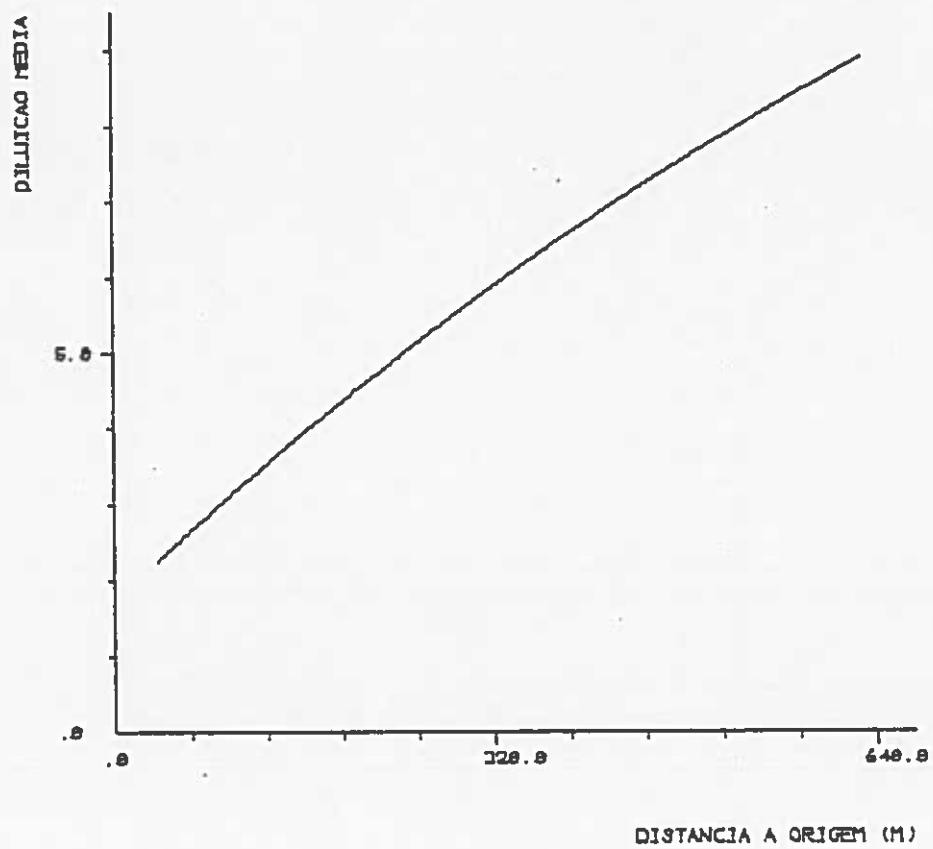


Fig. 39 - Isolinhas de aquecimento, à superfície
(4 grupos; $h_0 = 2.00$ m)

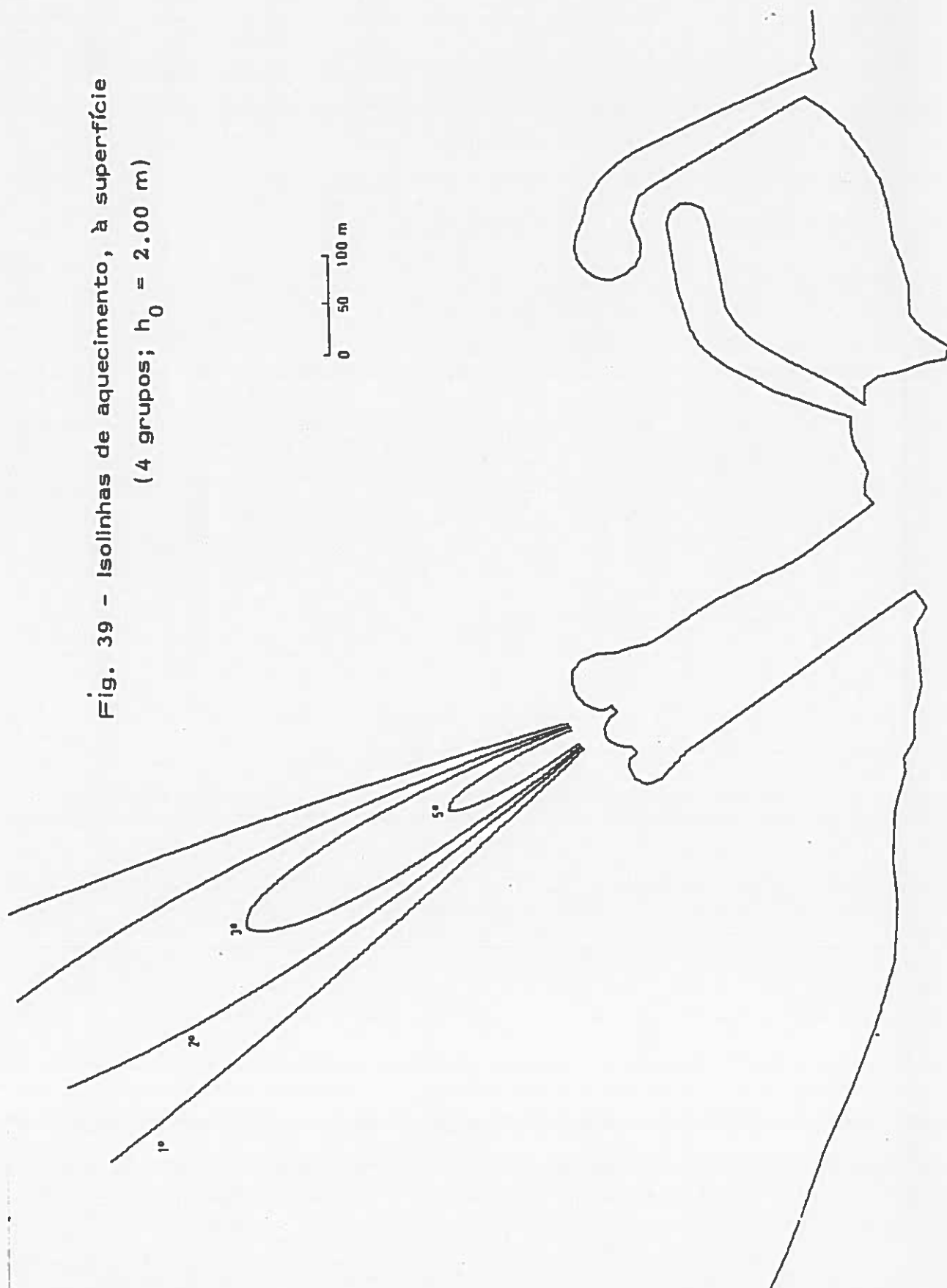


FIG 40 - ISOLINHAS DE AQUEC. NUM PLANO

VERT. PASSAN. P/EIXO (4 GRUPOS, $H_0=2.03M$)

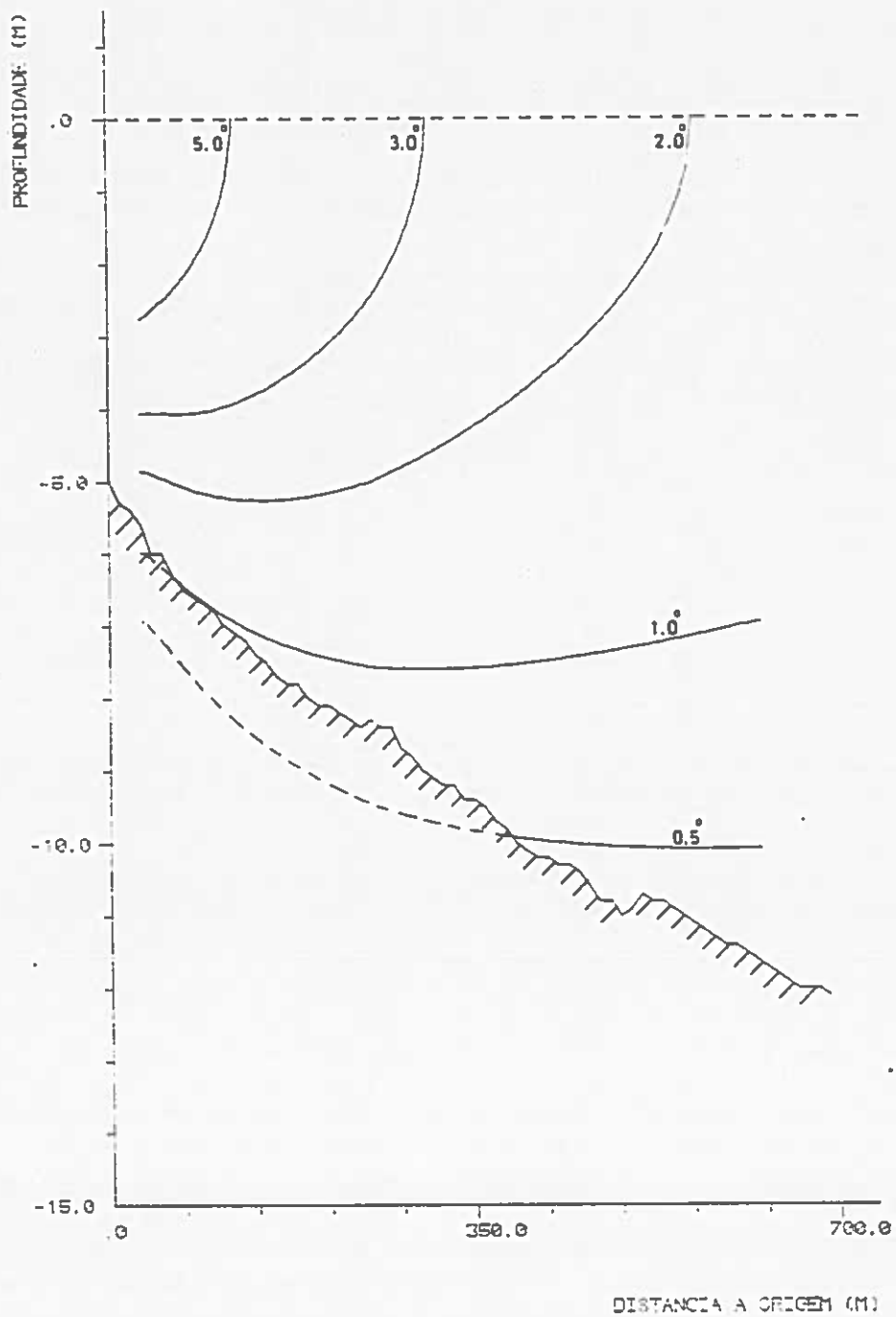


FIG 41 - AREAS AQUECIDAS À SUPERFICIE

(4 GRUPOS; H0=2.00M)

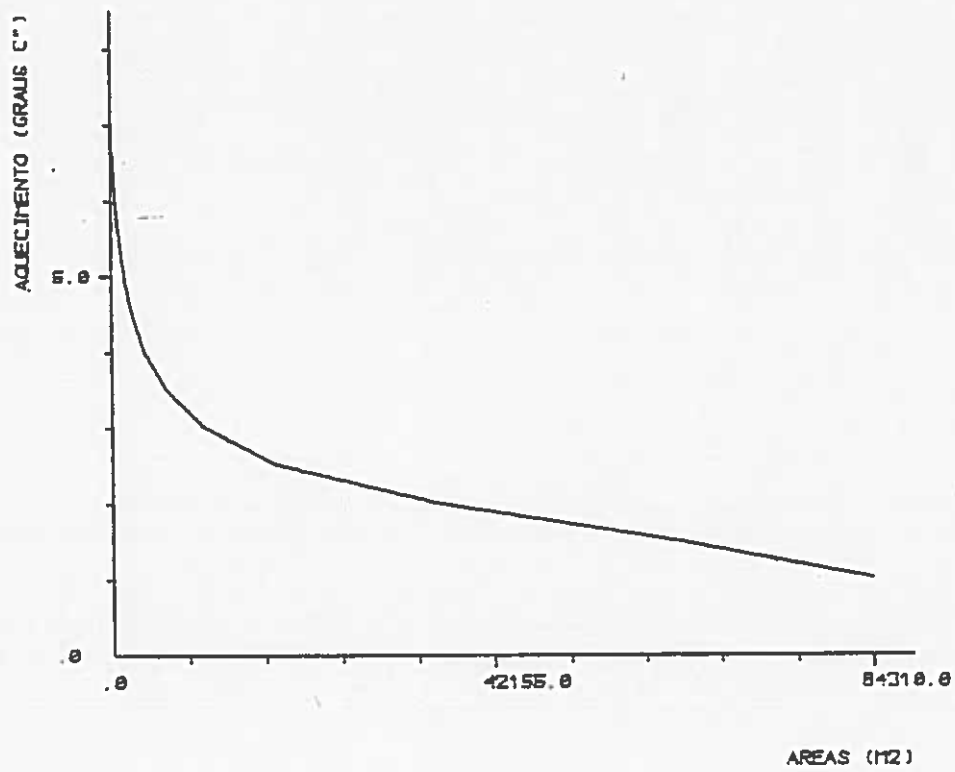


FIG 42 - AQUECIMENTO NO EIXO

(4 GRUPOS: H0=2.00M)

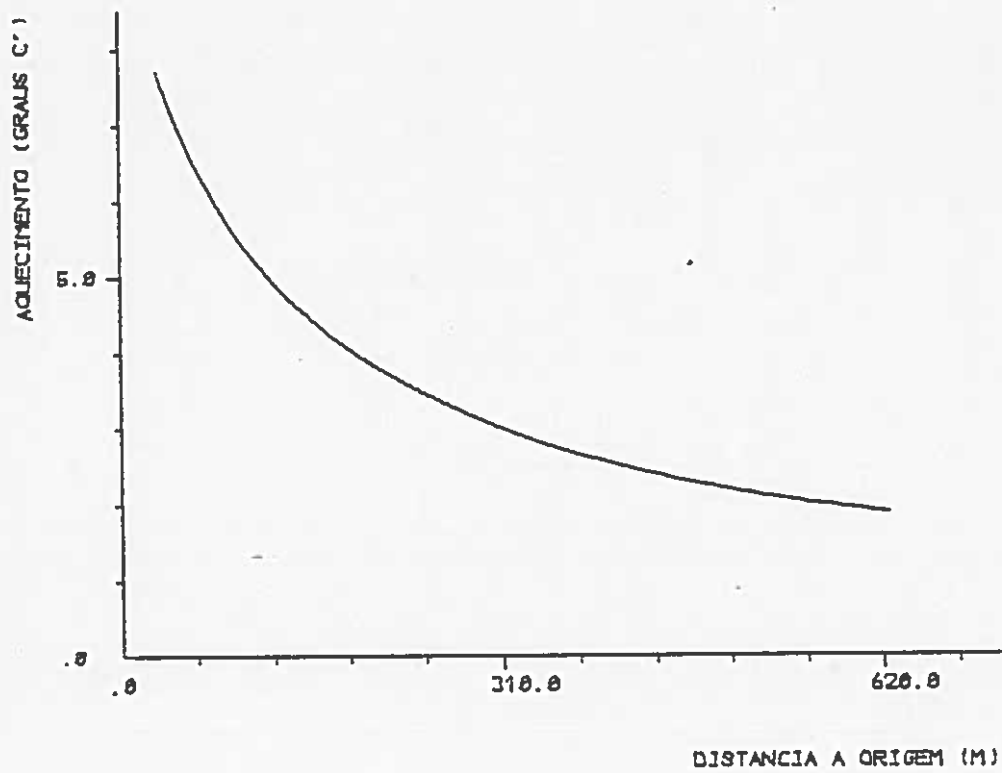


FIG 43 - DILUICAO MEDIA

(4 GRUPOS; H0=2.00M)

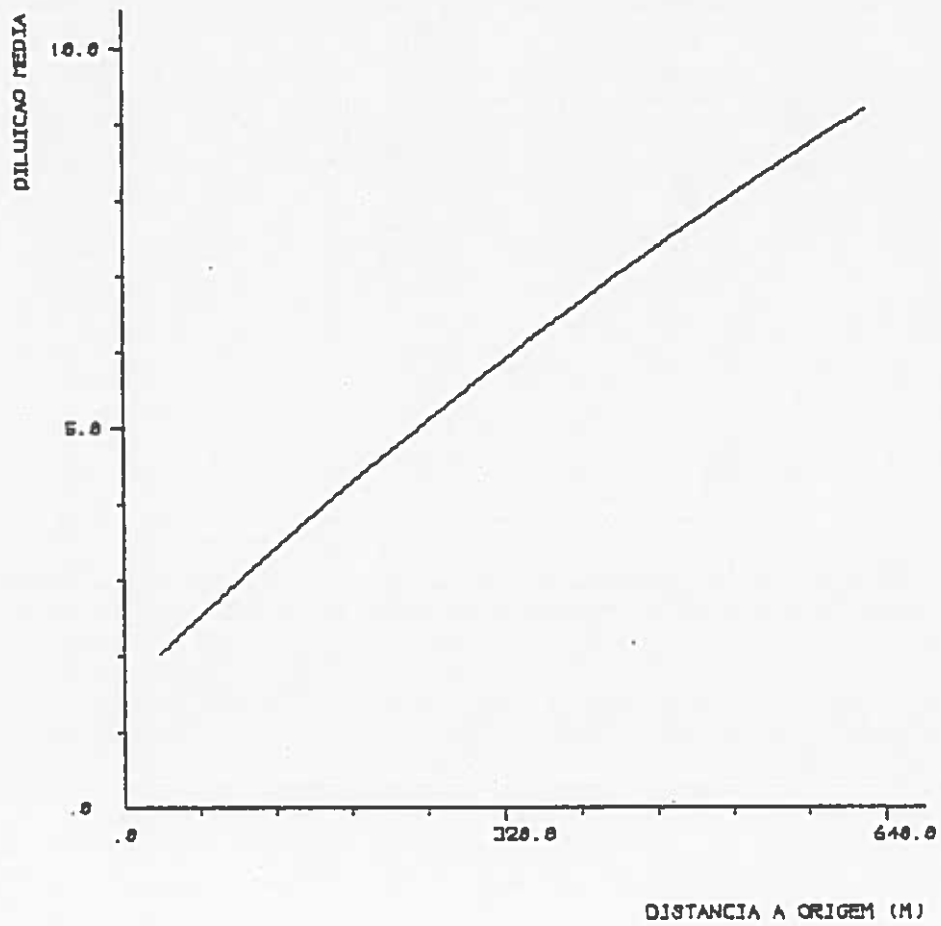


Fig. 44 - Isolinhas de aquecimento, à superfície
(4 grupos $h_0 = 1.35$ m)

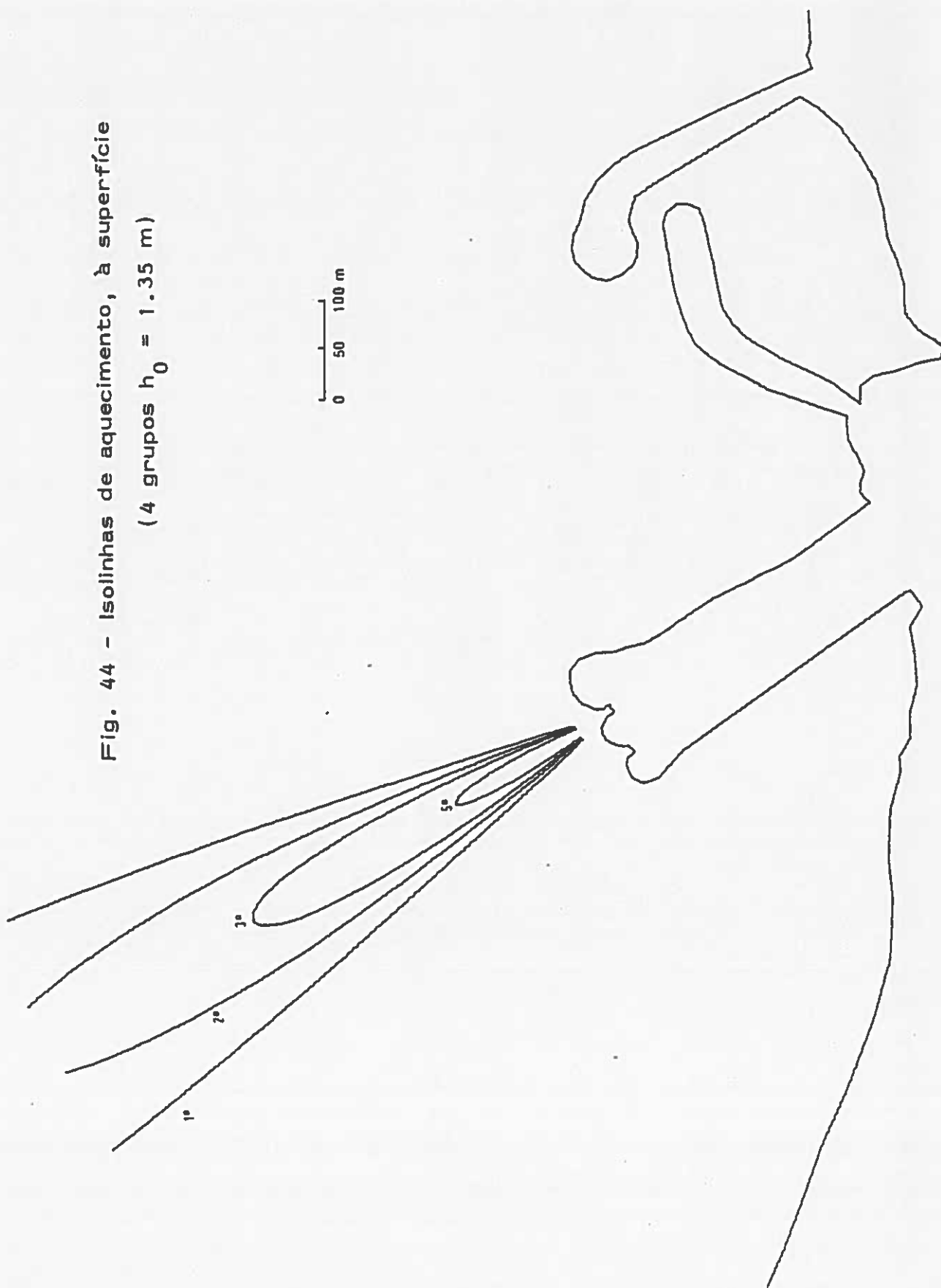


FIG 45 - ISOLINHAS DE AQUEC. NUM PLANO

VERT. PASSAN. P/EIXO (4 GRUPOS; $H_0=1.35\text{M}$)

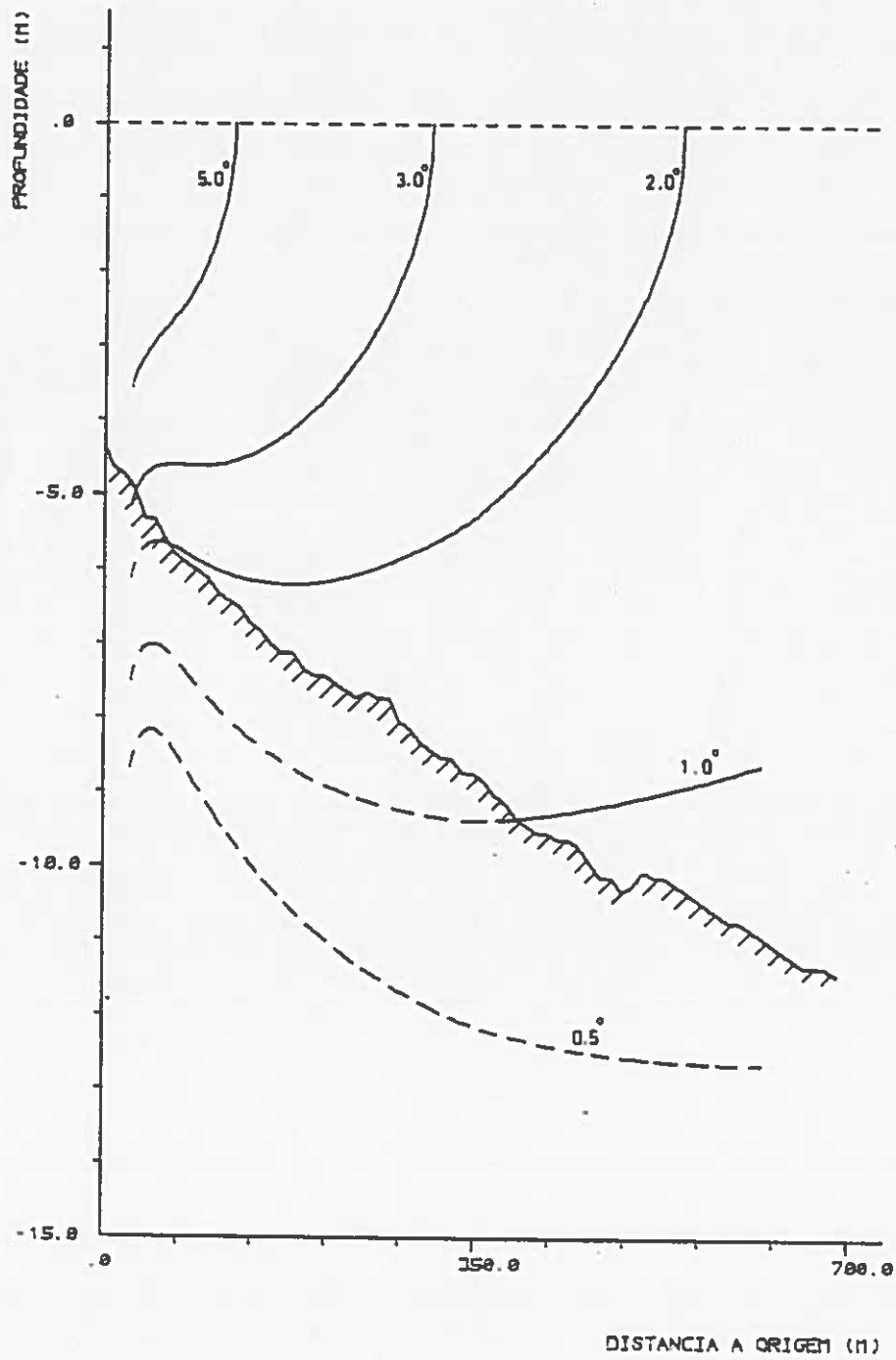


FIG 46 - AREAS AQUECIDAS À SUPERFICIE

(4 GRUPOS: $H_0=1.35\text{M}$)

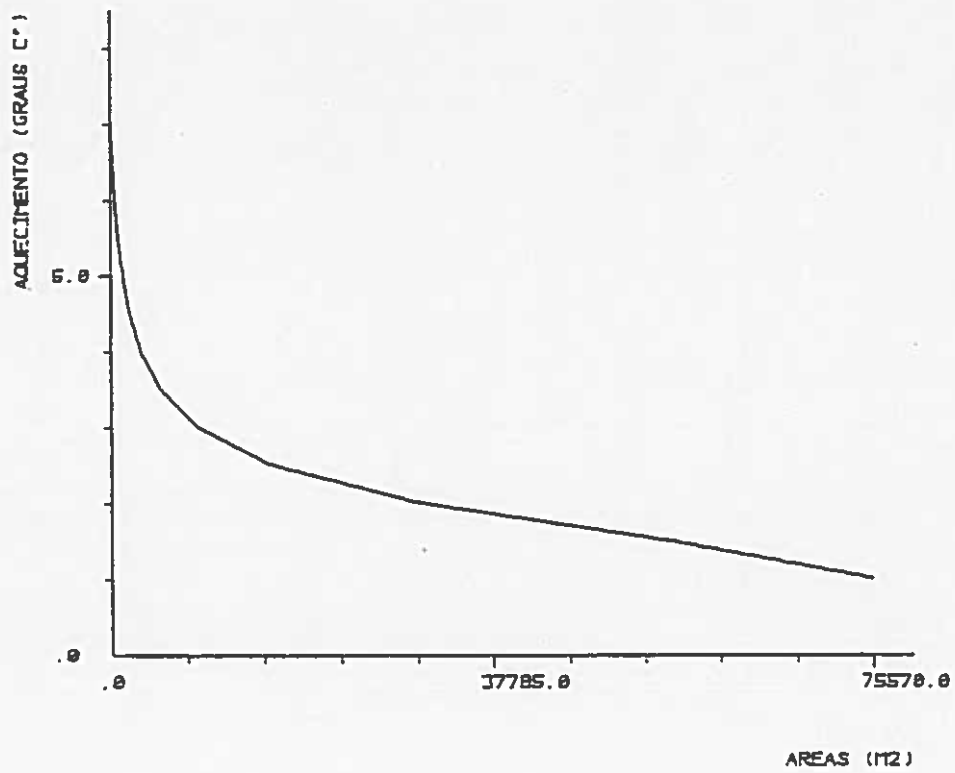


FIG 47 - AQUECIMENTO NO EIXO

(4 GRUPOS; $H_0=1.35M$)

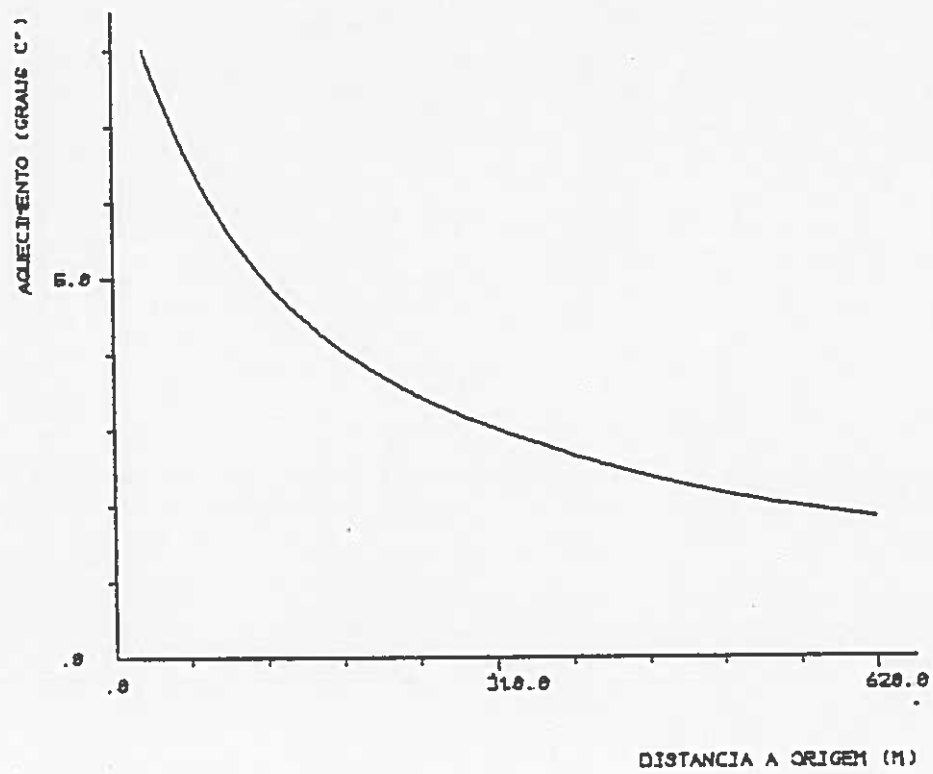


FIG 48 - DILUICAO MEDIA

(4 GRUPOS; H0=1.35M)

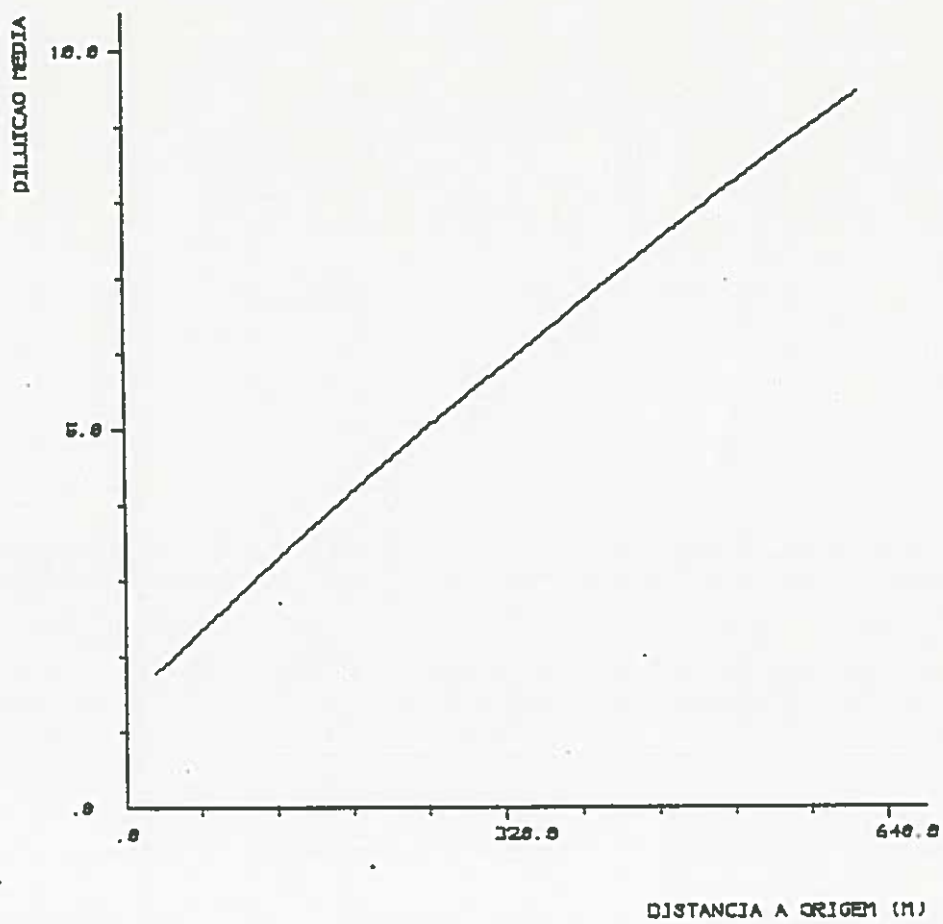


Fig. 49 - Isolinhas de aquecimento, à superfície
(4 grupos; $h_0 = 0.57$ m)

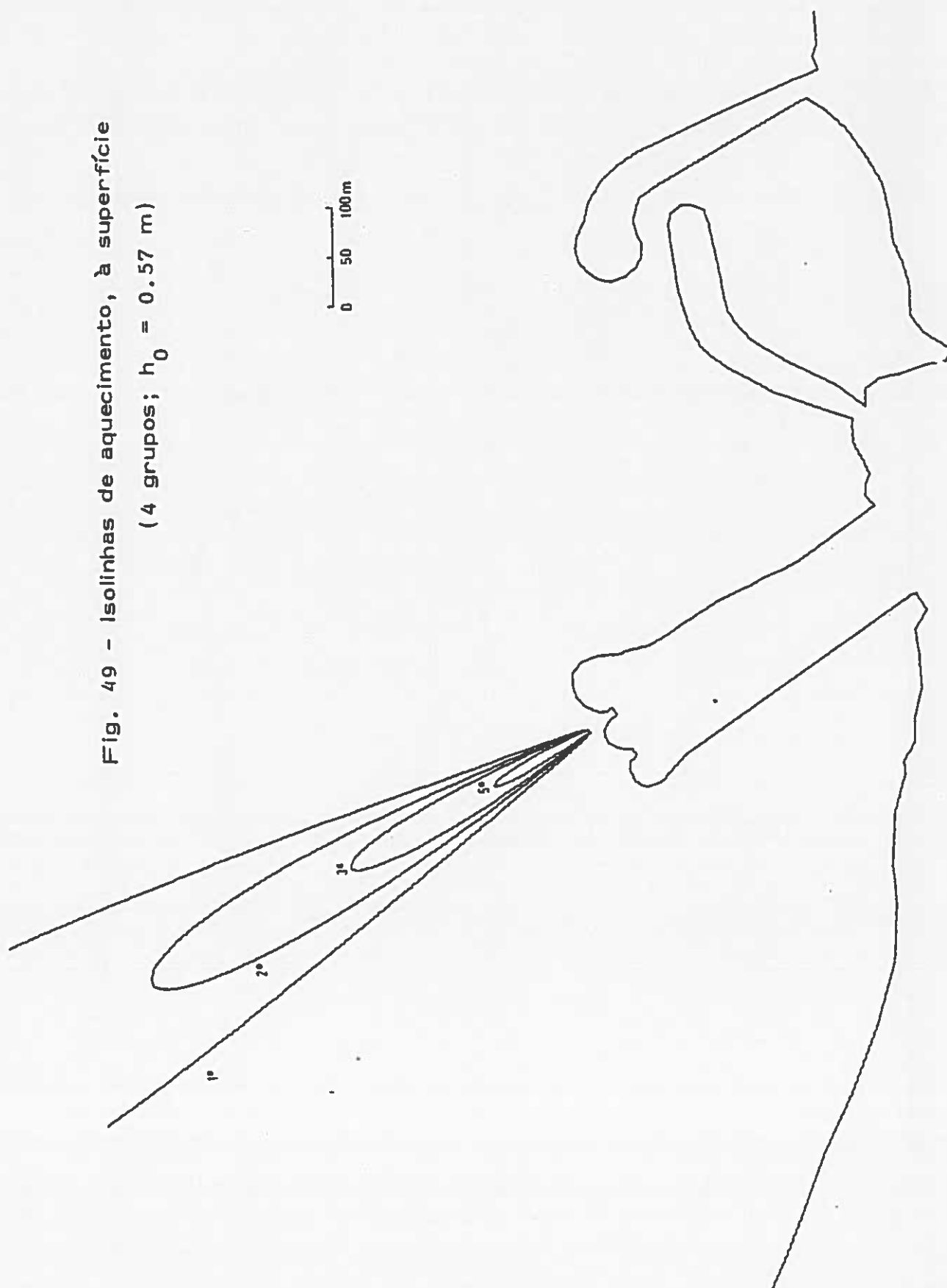


FIG 50 - ISOLINHAS DE AQUEC. NUM PLANO

VERT. PASSAN. P/EIXO (4 GRUPOS; $H_0=0.57M$)

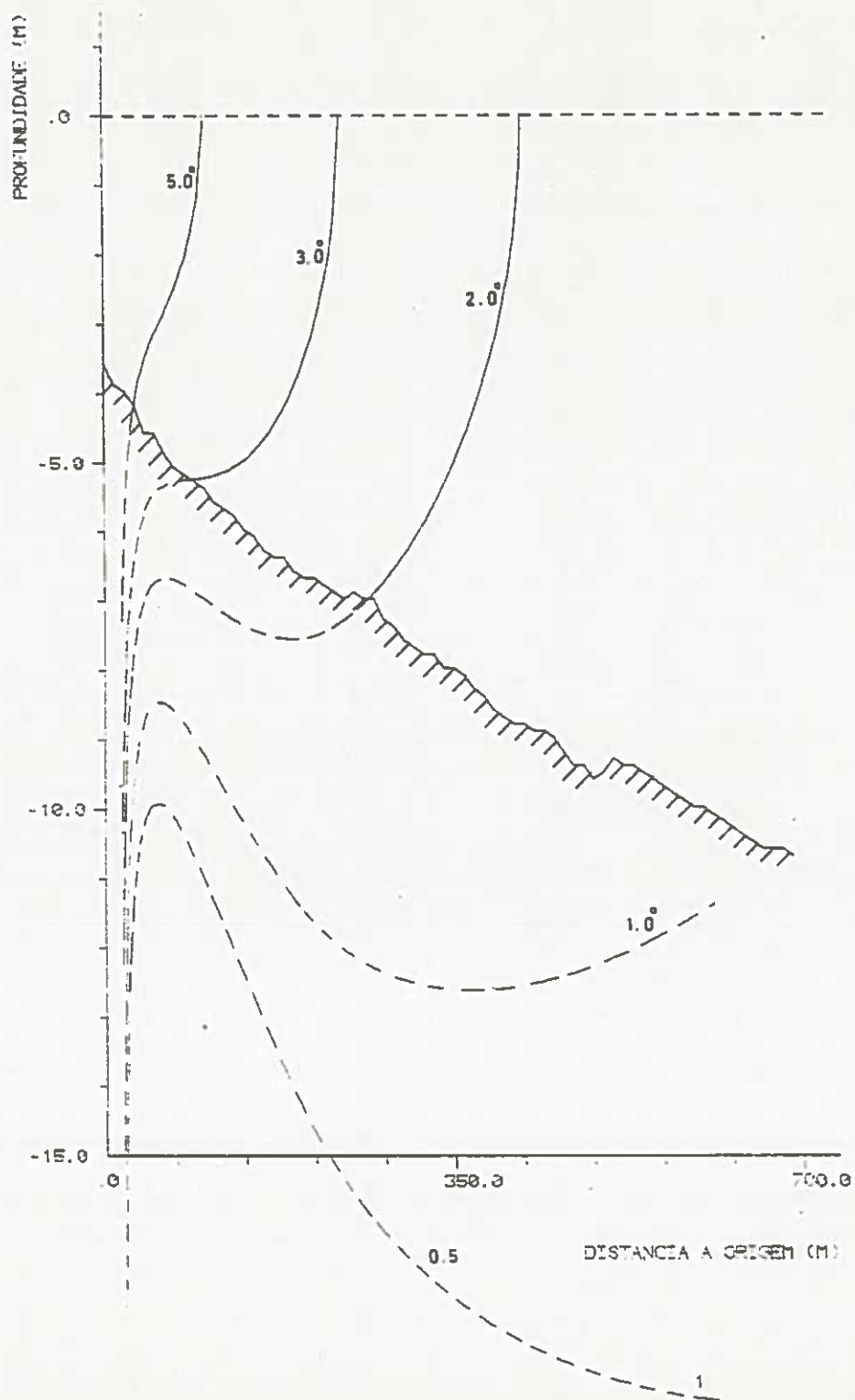


FIG 51 - AREAS AQUECIDAS À SUPERFICIE

(4 GRUPOS; H0=0.57M)

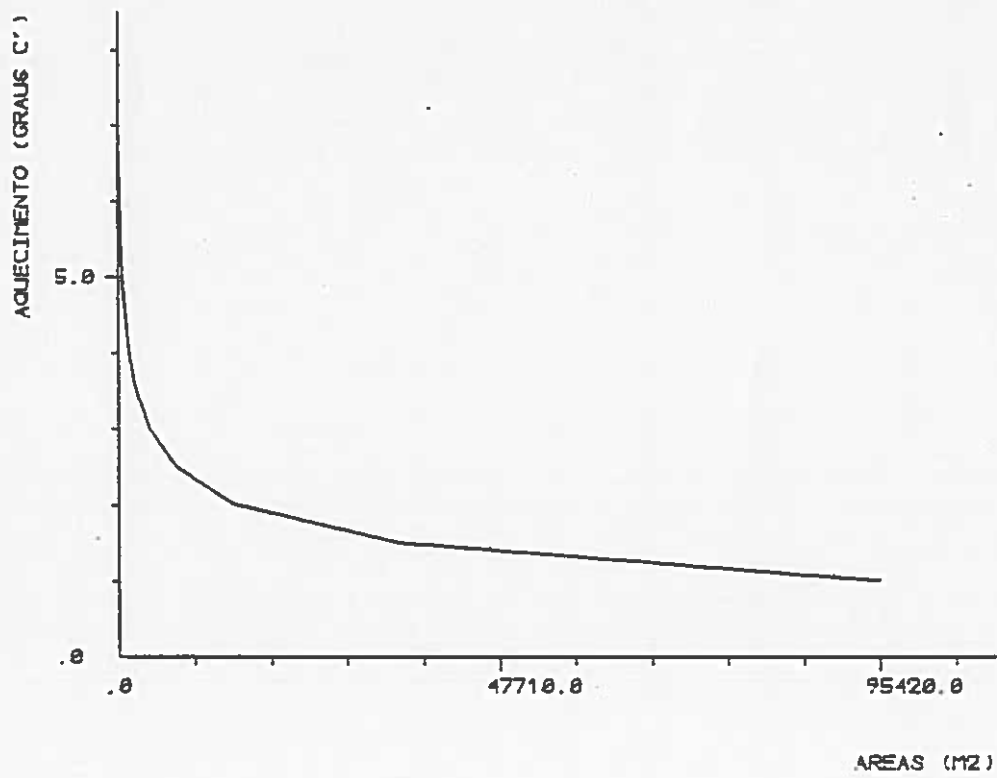


FIG 52 - AQUECIMENTO NO EIXO

(4 GRUPOS; $H_0=0.571$)

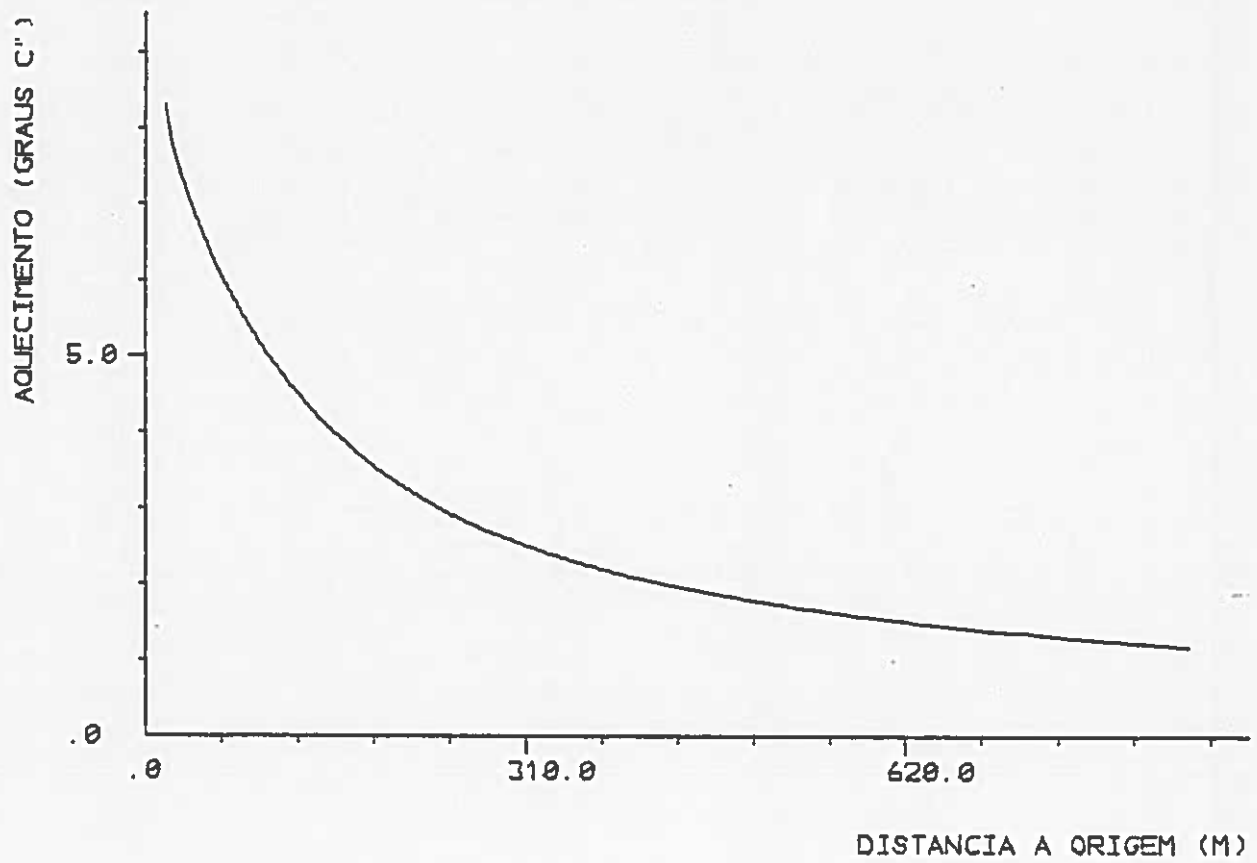
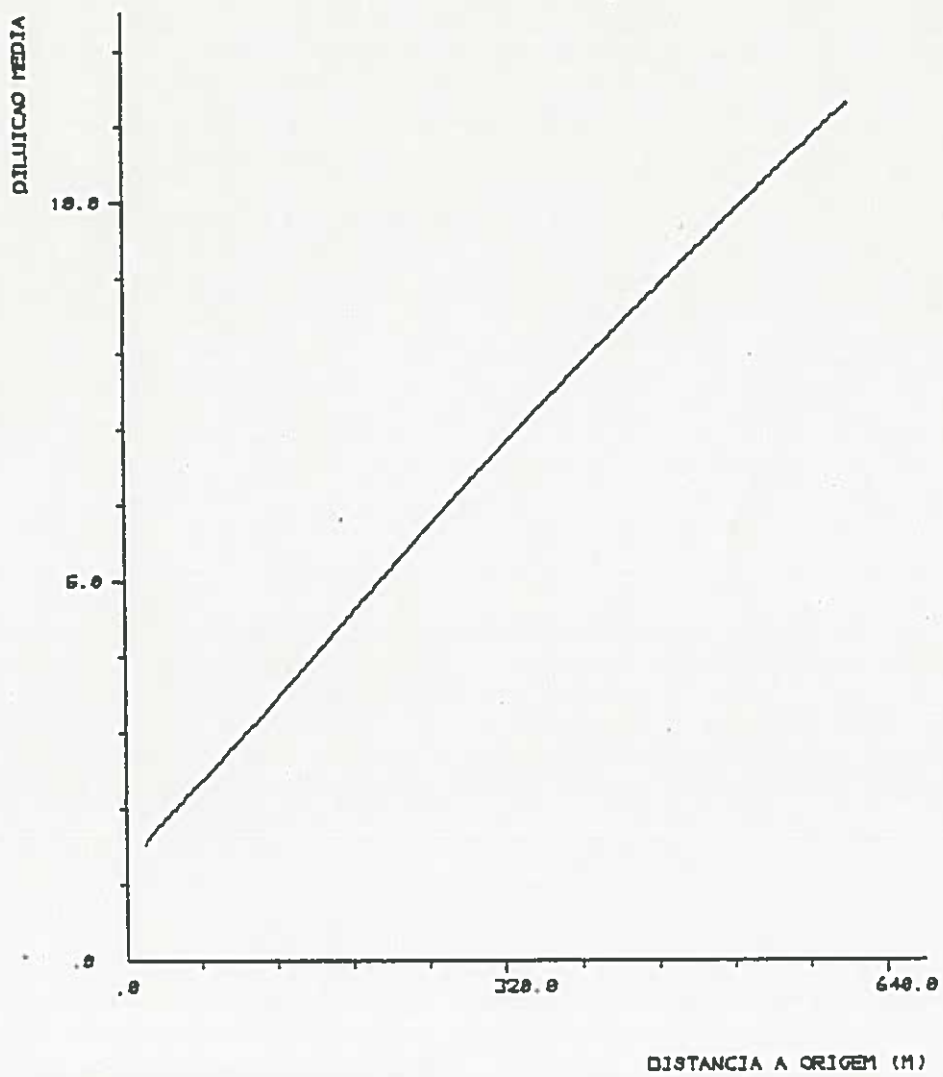


FIG 53 - DILUICAO MEDIA

(4 GRUPOS: $H_0=0.57M$)



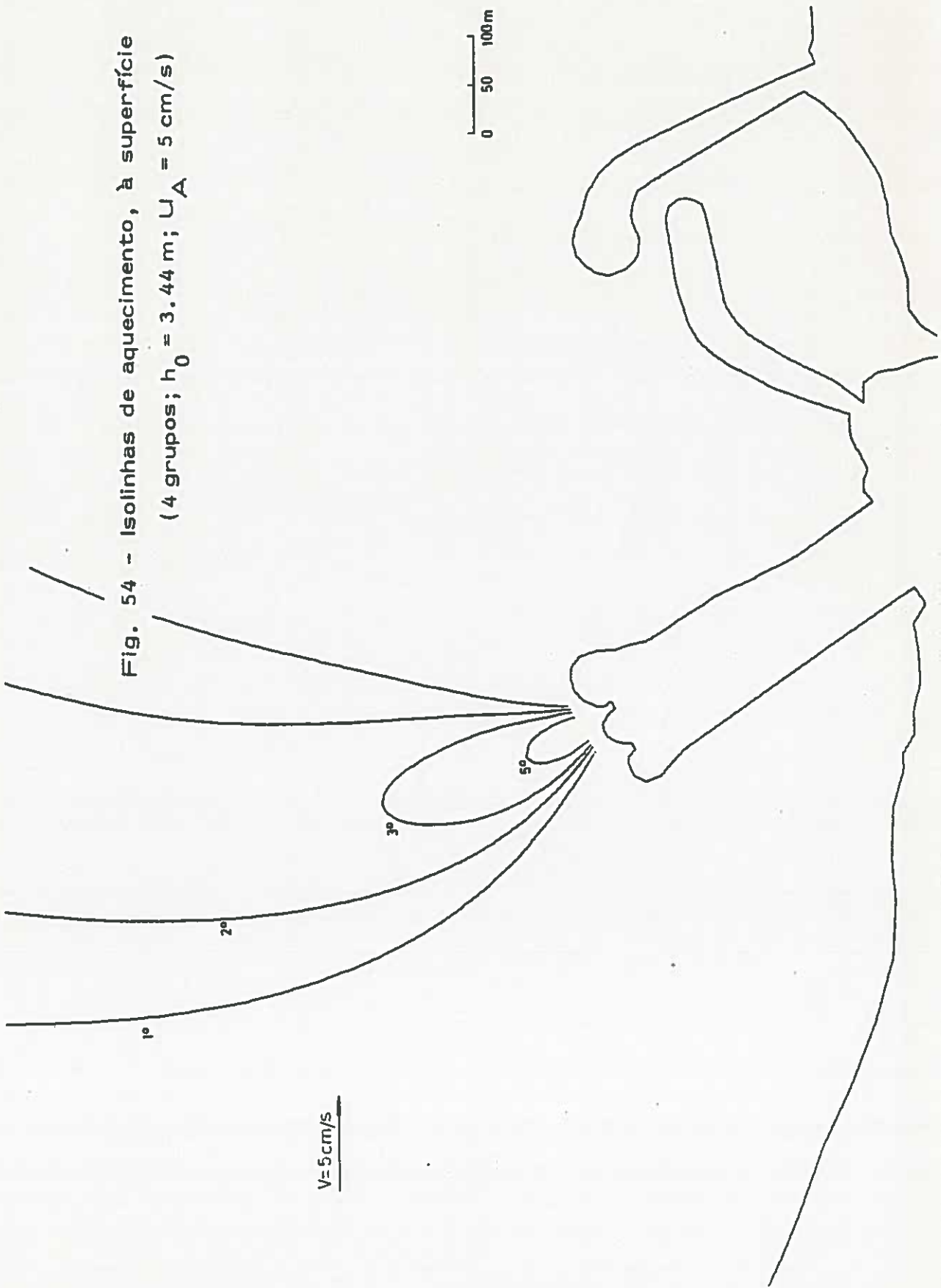


Fig. 54 - Isolinhas de aquecimento, à superfície
 (4 grupos; $h_0 = 3.44 \text{ m}$; $U_A = 5 \text{ cm/s}$)

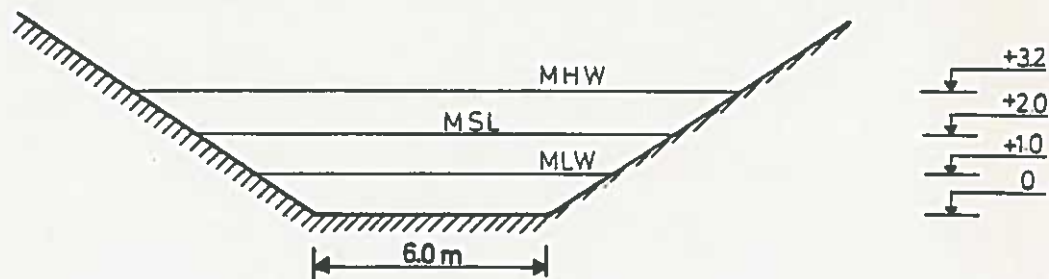
ANEXO

Alguns elementos sobre a solução inicialmente prevista para dispositivo de rejeição⁽¹⁾.

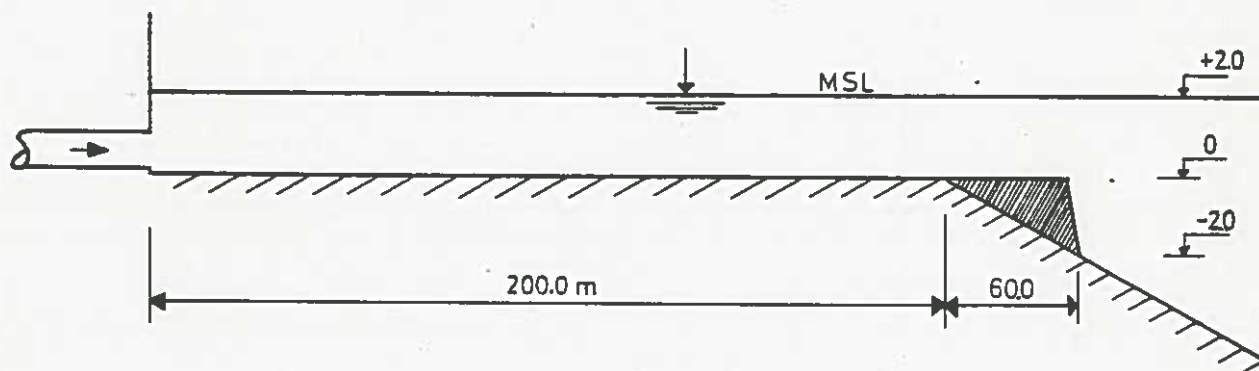
(1) - Elementos adaptados de HARLEMAN 1981. Deve notar-se que os níveis de maré considerados (identificados na figura) não coincidem com os do presente relatório.

Tidal Stage	(0) h_o	(1) u_o	(2) F_o	(3) A	(4) F'_o	(5) $\sqrt{h_o b_o}$	(6) h_{max}	(7) x_{max}	(8) $H_{x_{max}}$	(9) h_{max}/H	(10) \bar{D}_t	(11) ΔT_t	(12) x_t
	m	m/s				m	m	m	m			°C	m
MLW	1	2.7	16.5	0.27	11.9	1.9	9.5	125	5.0	1.9	$\frac{16.7}{2} = 8.4$	1.2°C	340
MSL	2	1.1	4.8	0.44	3.9	3.0	4.9	65	5.7	0.85	5.5	1.8°C	175
MHW	3.2	0.6	2.0	0.59	1.8	4.2	3.0	40	6.3	0.5	2.5	4.0°C	115

Características da Pluma (2 grupos)



a) SECÇÃO TRANSVERSAL



b) PERFIL LONGITUDINAL

Pormenores do canal de rejeição

A2

