



1. Classificação <i>INPE-COM. 2/NTI</i> <i>CDU: 550.388.2:533.9</i>		2. Período <i>Julho/77</i>	4. Critério de Distribuição: interna ☒ externa ☐
3. Palavras Chaves (selecionadas pelo autor) <i>IONOSFERA</i> <i>PLASMA</i> <i>AQUECIMENTO ARTIFICIAL</i>			
5. Relatório nº <i>INPE-1088-NTI/093</i>	6. Data <i>Julho/77</i>		7. Revisado por <i>Inez S. Batista</i>
8. Título e Sub-Título <i>OBSERVAÇÕES DE LINHAS DE PLASMA NA CAMADA E-ESPORÁDICA, AMPLIFICADAS POR MEIO DE ONDAS DE ALTA FREQUÊNCIA</i>			9. Autorizado por <i>Nelson de Jesus Parada</i> Diretor
10. Setor <i>DCE/IONS</i>		Código <i>412</i>	11. Nº de cópias <i>4</i>
12. Autoria <i>Luiz Alberto Vieira Dias</i>			14. Nº de páginas <i>15</i>
13. Assinatura Responsável <i>Luiz A. V. Dias</i>			15. Preço
16. Sumário/Notas <i>Durante o experimento de aquecimento artificial da ionosfera, em julho de 1976, realizado no Observatório de Arecibo, Puerto Rico, um grande volume de novos dados foi colhido sobre linhas de plasma amplificadas por meio de ondas de rádio de alta frequência, na camada E-esporádica. Os dados mostram claramente a dependência entre linhas de plasma amplificadas e as ondas de alta frequência. É apresentado um estudo da variação temporal desses dados.</i>			
17. Observações <i>Este trabalho foi parcialmente subvencionado pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT) através do convênio FINEP-271/CT.</i>			

ABSTRACT

During the July 1976 heating experiment, held at the Arecibo Observatory, Arecibo, Puerto Rico, a large volume of new data on HF enhanced sporadic-E plasma lines was collected. The data show clearly the dependence of the enhanced lines on the HF waves. It is presented a study of the temporal variation of such data.

Entre os vários resultados obtidos com o aquecimento artificial da ionosfera (Utlaut and Cohen, 1971; Carlson et al., 1972), a amplificação das linhas de plasma devida à amplificação paramétrica mereceu detalhado estudo (Kantor, 1974). Até 1975 as amplificações eram observadas na região F da ionosfera. No experimento de maio de 1975, Gordon and Carlson (1976) reportaram a amplificação de linhas de plasma na região E, durante a ocorrência da camada transitória E-esporádica bloqueadora (E_{sb}). Dito experimento foi efetuado no Observatório de Arecibo do NAIC (National Astronomy and Ionosphere Center), operado pela Cornell University, em Arecibo, Puerto Rico. O Observatório possui, além das ionossondas, um sistema de aquecimento artificial da ionosfera (Dias, 1973) e um radar de espalhamento incoerente para diagnóstico.

Em julho de 1976 novamente foi efetuada uma campanha de aquecimento da ionosfera, em Arecibo. Foi tentada a detecção de linhas de plasma amplificadas na região E, para que melhor fosse compreendido o fenômeno. Em particular, a determinação de seu espectro (Kantor, 1977) e a sua variação temporal. Os dados foram obtidos em 17, 21 e 25 de julho de 1976, sendo que, nos dias 17, 25 houve a ocorrência de E_{sb} . Em nosso caso, estamos considerando a E-esporádica como bloqueadora quando a região F não é observada nos ionogramas da ionossonda do observatório. No dia 21 houve E_s , mas a frequência bloqueadora estava abaixo da frequência do transmissor de HF.

As medidas foram feitas na verão local, que é a época do ano em que a ocorrência de E_s é maior (Davies, 1965). Para a detecção foi usado o novo computador (Data craft) reprogramado de modo a obter resultados melhores no que diz respeito às resoluções temporal e de altitude. O programa usado foi o HFCLHX (Lahoz, 1976).

Pela Figura 1, vemos as frequências máximas das regiões E e F (na região F, apenas quando não havia a ocorrência de E_{sb}) nos dias 17, 21, 25 de julho. No dia 21 não está indicada a frequência bloqueadora, porque a mesma (se presente) era inferior à frequência do transmissor de HF; o radar, entretanto, mostra claramente tanto a região E como a F.

Na Figura 2 um diagrama do experimento e, na Figura 3, a geometria aproximada do mesmo. A frequência de transmissor de HF era escolhida de tal maneira que fosse de valor menor do que a frequência máxima da E-esporádica, bloqueadora ou não.

Devido a 1976 estar no mínimo do ciclo solar, sendo o fluxo solar de 10,7 cm da ordem de 76-80, as temperaturas ionosféricas, bem como as densidades eletrônicas, estavam em seus valores mais baixos para as respectivas horas.

Vamos descrever brevemente os programas usados neste trabalho. O programa de aquisição de dados foi o HFCLHX, que usa um código BARKER de 13 bits, o que permite uma resolução em altitude de 0,6 km. O programa é bastante flexível e permite colher dados sobre as linhas de plasma e densidade eletrônica, baseado na intensidade do sinal refletido, na frequência do radar, ou deslocado do valor da mesma (para as linhas de plasma superior "upshifted", e inferior, "downshifted") e, também, se um número de pontos suficientes é armazenado, sobre as temperaturas iônicas, eletrônicas, por meio das funções de auto-correlação. Para os perfis de densidade eletrônica e linhas de plasma, o programa é bastante rápido. É possível gravar, por exemplo, a densidade eletrônica, a linha de plasma superior (UPL) e a linha de plasma inferior (DPL), nesta sequência, ou qualquer outra; como outro exemplo, é possível gravar em fita magnética apenas a UPL. A tomada de dados é totalmente automatizada e permite uma grande variedade de opções. As decisões são baseadas nos dados da ionossonda adjacente ao radar.

No programa de análise (Muldrew and Kantor, 1976), denominado BLOOK, obtemos um gráfico tridimensional onde os eixos são tempo (vertical), altitude (horizontal) e a intensidade, dada pela relação sinal/ruído, é apresentada por números ou símbolos, cujo valor pode variar de acordo com o operador, baseando-se na qualidade dos dados. A tabela 1 dá como exemplo os valores usados na linha de plasma superior (UPL), no dia 21 de julho. Um sinal de adição (+) junto ao tempo indica que o transmissor de HF estava transmitindo da ordem de 50 KW.

TABELA 1

SÍMBOLO	SINAL/RUÍDO
0	0,122
1	0,259
2	0,413
3	0,585
4	0,778
5	0,995
6	1,24
7	1,51
8	1,82
9	2,16
A	2,55
B	2,98
C	3,47
D	4,01
E	4,62
F	5,31
G	6,08
H	6,94
.	.
.	.
.	.
Z	62,1
.	69,8
+	78,4
*	88,1
\$	99,0

A Figura 4 dá um exemplo de saída do programa BLOOK, correspondente ao dia 21 de julho. Essa mesma porção, filtrada e plotada de maneira mais convencional, na Figura 5, mostra que na linha de plasma superior houve amplificações simultâneas nas regiões E_s e F. Na linha de plasma inferior não houve amplificação na região E_s , mas somente na região F. A intensidade das amplificações foi maior na porção superior do espectro.

O sinal proveniente da região acima do pico da região F é devido à linha de plasma "natural", isto é, não amplificada pela onda de HF, pois a onda aquecedora não penetra acima da altura em que a frequência da onda iguala a frequência do plasma. Deve-se notar, entretanto, que neste dia (21 de julho) a onda de HF excitou a linha de plasma superior na região E, durante a ocorrência de uma camada transitória E-esporádica, não refletiu totalmente, e ainda chegou à região F, com intensidade suficiente para excitar as linhas de plasma superior e inferior. A intensidade da linha de plasma inferior, excitada na região F, foi inferior à de sua equivalente superior. O fato da onda não refletir totalmente da região E pode indicar que a espessura da camada é bem reduzida. Deve-se notar também que os gradientes da densidade eletrônica nas camadas E_s são praticamente horizontais, ao passo que na região F são bem mais inclinadas.

Passamos agora a um breve resumo dos dados obtidos nos três dias. No dia 17, a altura da E_s estava a 110 km, com frequência máxima entre 6 e 8.5 MHz, o transmissor de HF estava emitindo 50 KW em 5,1 MHz, durante 54 segundos, e desligando-se durante 6 segundos. Havia camada E-esporádica bloqueadora. Foram detectadas amplificações entre 06 hs 02 min 43 seg a 06 hs 22 min 45 seg, 06 hs 31 min 00 seg a 06 hs 53 min 05 seg e 06 hs 54 min 20 seg a 07 hs 03 min 37 seg. Só foi analisada a UPL, entre as alturas de 86 a 152 km.

Em 21 de julho, a E_s estava a 107 km, com frequência máxima entre 4,8 a 4,5 MHz, o transmissor de HF esteve emitindo 75 KW em 4,6 MHz, ligando-se e desligando-se a cada 60 segundos. Havia camada E_s ,

porém o pico da região F era visível nos ionogramas. Houve amplificação da UPL na E_s entre 08 hs 17 min 27 seg a 19 hs 21 min 18 seg. Foram analisadas as UPL e DPL tanto na região E como na F, entre as altitudes de 62 e 392 km.

No dia 25 as melhores amplificações foram observadas. Havia uma camada E_s bloqueada com frequências entre 6 e 15 MHz! O transmissor de HF estava emitindo 80 KW em 5,1 MHz, ligando-se e desligando-se a cada 6 minutos. As amplificações ocorreram entre 08 hs 36 min 30 seg a 08 hs 59 min 50 seg, 09 hs 00 min 02 seg a 09 hs 51 min 59 seg e 10 hs 40 min 50 seg a 12 hs 18 min 18 seg. Foram analisados a UPL e DPL, tanto na região E como região F, entre as altitudes de 68 a 398 km. Não houve amplificações na região F. Deve-se notar que ao contrário do dia 21, as amplificações na DPL foram maiores do que na UPL correspondentes na região E. O fato de não haver amplificação na região F, apesar da maior potência transmitida, pode indicar que, nesse dia 25, a espessura da camada E-esporádica estava maior.

Finalmente, resta dizer que alguns pontos ainda não estão bem claros e mais experimentos são necessários. Podemos destacar as diferenças de amplitudes entre os sinais UPL e DPL na região E, que nos dias 21 e 25 tiveram comportamento inverso. O problema da excitação simultânea de linhas nas regiões E, F merece também maiores estudos. Deve-se acrescentar que as medidas foram diurnas porque E_s noturnas em latitudes magnéticas médias, como Arecibo, são relativamente raras. Quando o volume de dados for suficiente, poderá ser feito um tratamento estatístico, o que certamente virá ajudar a esclarecer a estrutura fina das variações temporais e detalhes dos espectros das linhas de plasma, amplificadas por meio de ondas de HF, na camada transiente E-esporádica.

AGRADECIMENTOS

Esse trabalho só foi possível devido a cooperação e dedicação do Staff do Observatório de Arecibo, que é operado pela Cornell University (USA) e mantido pela National Science Foundation (USA). Ao Dr. Willian E. Gordon, meu antigo orientador e líder dos experimentos do aquecimento artificial agradeço sinceramente o convite e suporte financeiro para a participação dos mesmos. Agradeço também ao CNPq por ter autorizado minha permanência em Arecibo em julho e agosto de 1976, coletando e analisando os dados deste trabalho. Finalmente, gostaria de agradecer ao Dr. Nelson de Jesus Parada, diretor do INPE, onde trabalho no programa de ionosfera, pelo apoio em todas as fases deste obra.

BIBLIOGRAFIA

- CARLSON, H.C.; W.E. GORDON, and R.L. SHOWEN. High frequency enhancements of the incoherent scatter spectrum at Arecibo. *J. Geophys. Res.*, 77, 1242, 1972.
- DAVIES, K. Ionospheric Radio Propagation. U.S. Department of Commerce, National Bureau of Standards Monograph 80, Washington, November, 1965.
- DIAS, L.A.V. Observations of artificially induced enhancements in the ionospheric backscatter spectrum. Ph.D. thesis, RICE UNIVERSITY, Houston, Texas, USA, 1973.
- GORDON, W.E. and H.C. CARLSON. The excitation of plasma lines in blanketing sporadic-E. *J. Geophys. Res.*, 81, 4016, 1976.
- KANTOR, I.J. High frequency enhancements of the incoherent scatter spectrum at Arecibo, 2. *J. Geophys. Res.*, 79, 199, 1974.
- . Linha de plasma na camada E-esporádica induzida por HF, a ser apresentada na 29a. Reunião anual da SBPC.
- LAHOZ, C. Comunicação privada, 1976.
- MULDREW, D. and I.J. KANTOR. Comunicação privada, 1976.
- UTLAUT, W.F. and R. COHEN. Modifying the ionosphere with intense radio waves. *Science*, 174, 245, 1971.

LEGENDA DAS FIGURAS

Figura 1 - Valores das frequências máximas nas Camadas F (F_oF_2 , quando visível) e E_s , nos dias 17, 21 e 25 de julho de 1976. A frequência do transmissor de HF também está indicada: Os dados referem-se ao período em que foram observadas amplificações nas linhas de plasma da E_s .

Figura 2 - Diagrama de bloco de experimento.

Figura 3 - Geometria do experimento.

Figura 4 - Exemplo de saída do programa BLOOK. Na vertical o tempo HHMMSS (horas, minutos e segundos, e, se o transmissor de HF estava ligado, um sinal de adição, +). Na horizontal a altitude, em quilômetros e, em cada ponto, o símbolo correspondente a seu sinal/ruído. Os dados são de 21 de julho de 1976. Potência de HF = 70 KW; frequência HF = 4,6 MHz.

Figura 5 - Mesma porção acima filtrada e plotada em três dimensões para melhor claridade.

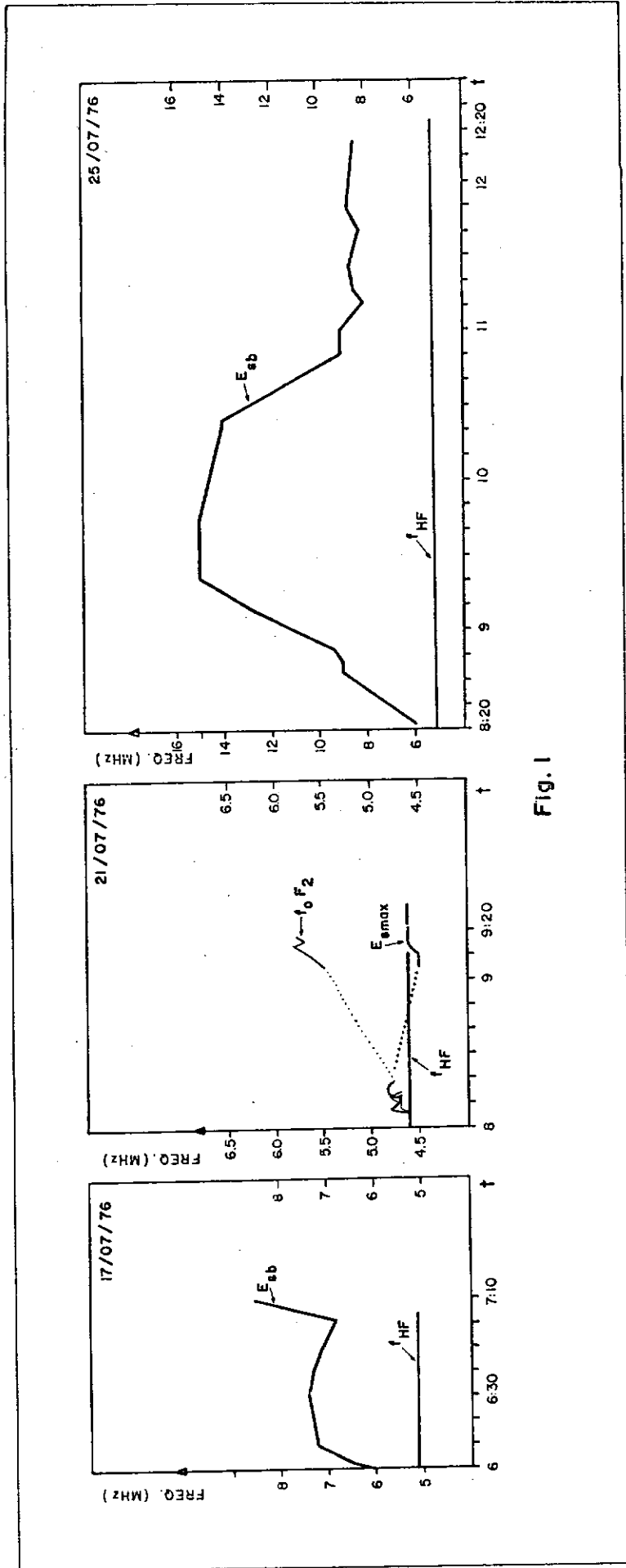


Fig. 1

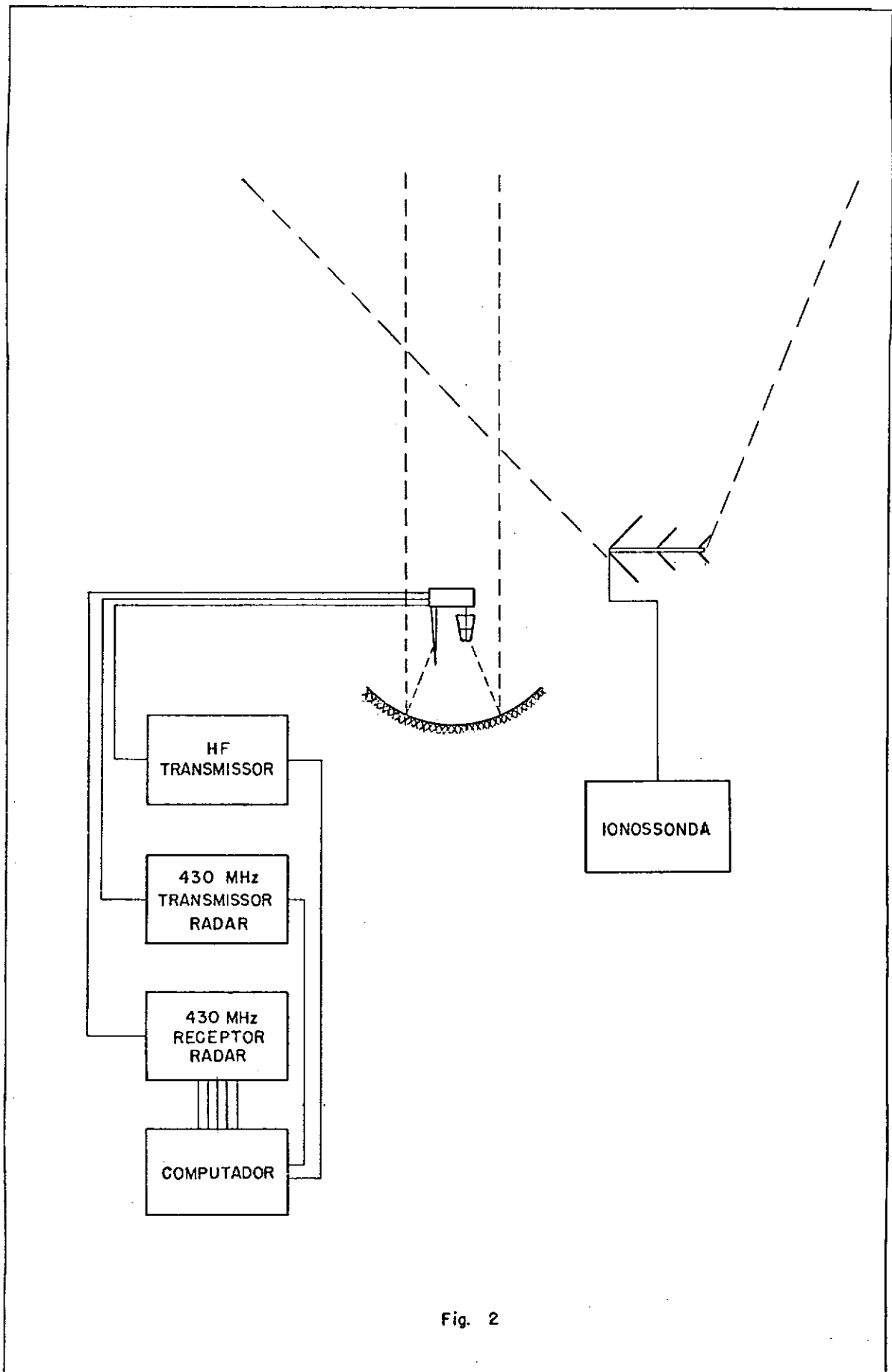
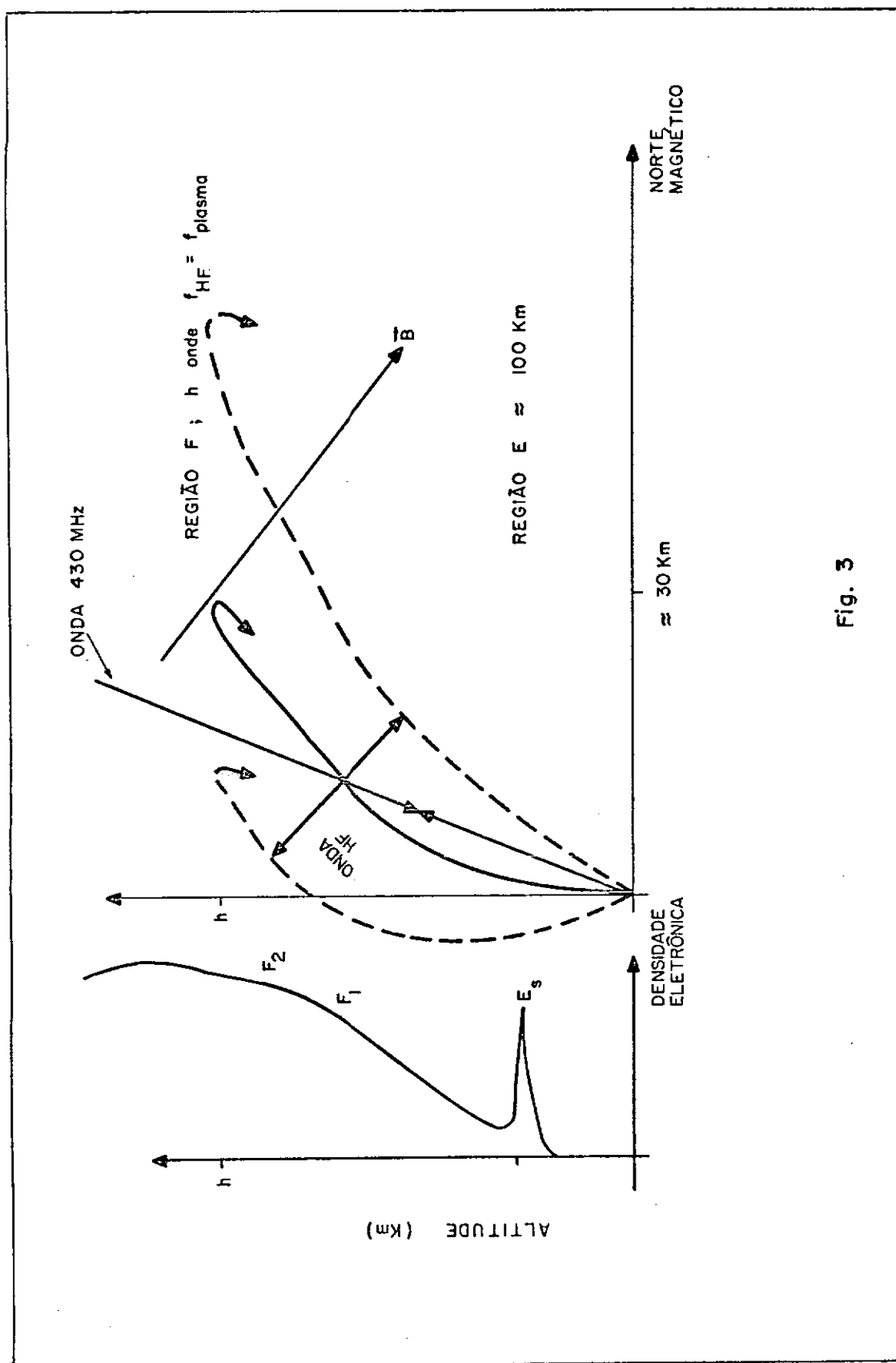
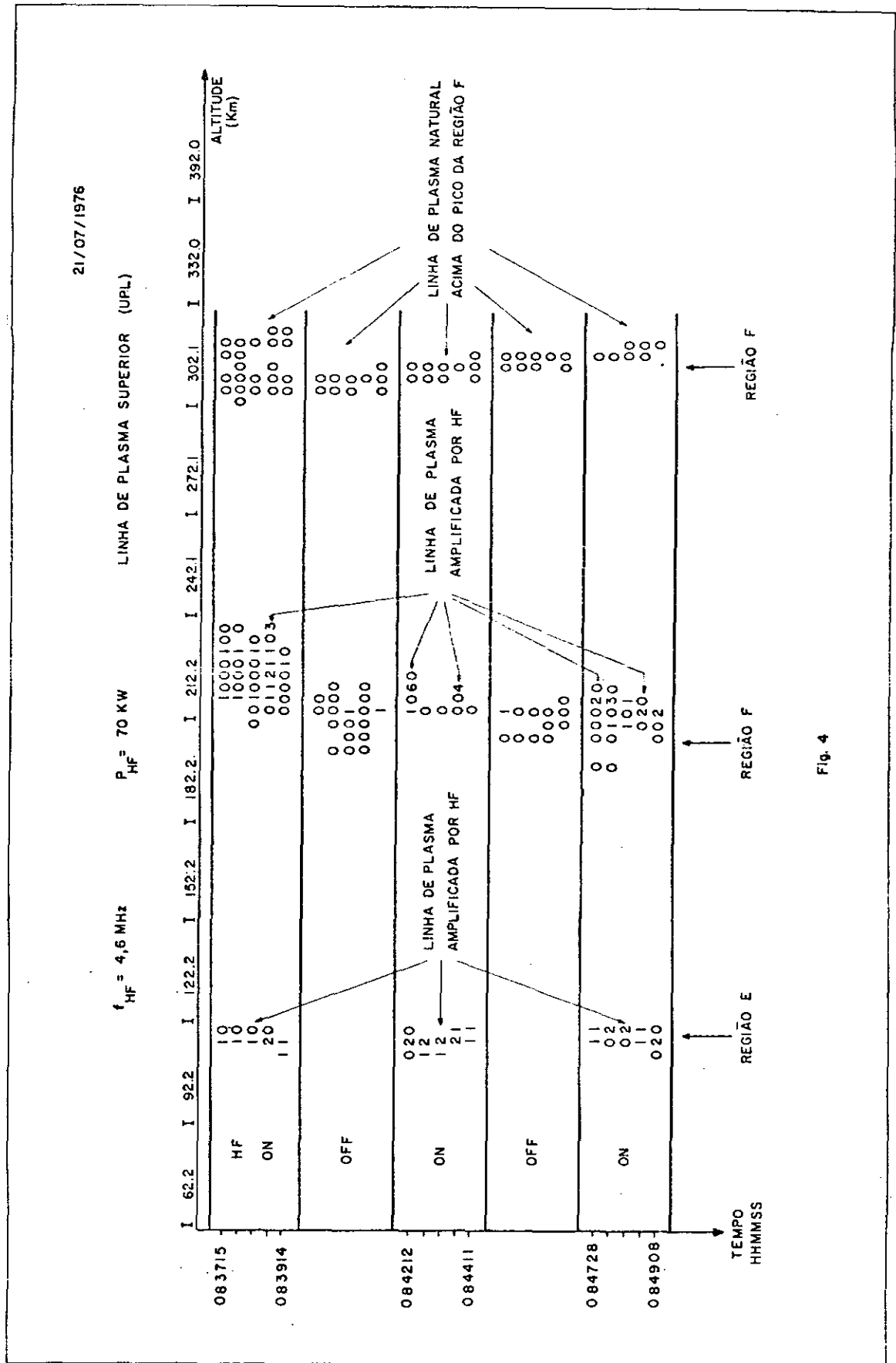


Fig. 2





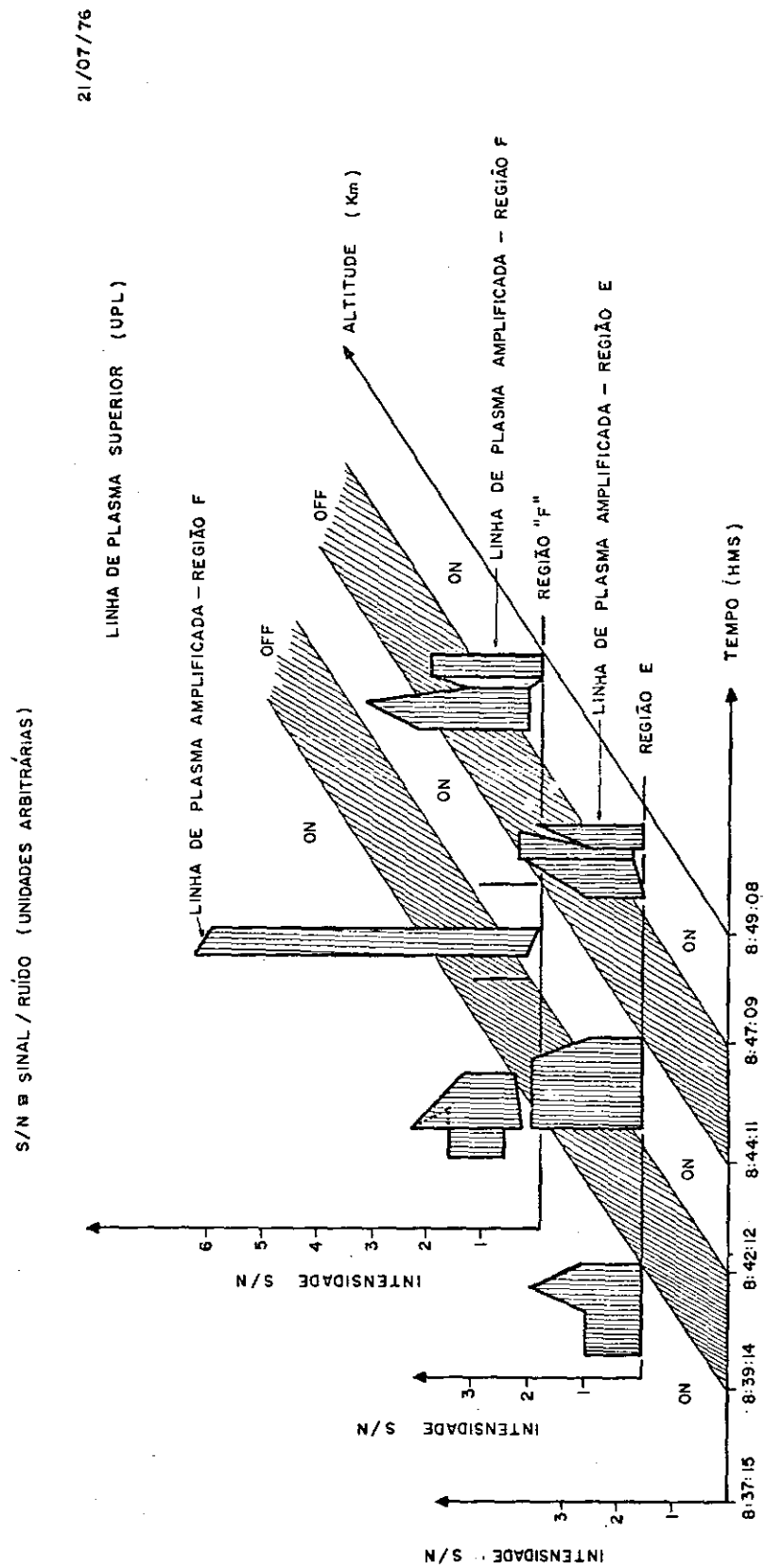


Fig. 5