Rev. Brasil, Apl. Vac., Vol.5, Nºs 1 e 2, 1985.

INFLUÊNCIA DO CAMPO MAGNÉTICO B_o NA RESSONÂNCIA HÍBRIDA INFERIOR

C. da C. Rapozo, P.H. Sakanaka*, Y. Shigueoka*,**,*** e J.C. Xavier
Instituto de Física
Universidade Federal Fluminense
Niteroi, RJ
* Instituto de Física "Gleb Wataghin"
Universidade Estadual de Campinas,
Campinas, SP
** Departamento de Física
Fundação Universidade do Amazonas
Manaus, AM
***Instituto de Física
Universidade de São Paulo
São Paulo, SP

Mostramos neste trabalho as características do aparato experimental montado no Instituto de Física da Universidade Federal Fluminense (Máquina Linear tipo espelho LISA), para produzir e aquecer plasma de hélio por rádio-frequência e estudar o comportamento do mesmo quando confinado por um campo magnético de geometria do tipo espelho para as regiões de grande e pequeno volume de ressonância. O plasma é produzido por uma fonte de microonda de f_{RF} = 2,45 GHZ e P_{RF} = 800 Watts a qual pode funcionar em regime contínuo ou pulsado. Os parâmetros do plasma são estudados em função do campo magnético externo B_o, para duas configurações diferentes:

1 - Região de grande volume de ressonância;
2 - Região de pequeno volume de ressonância.

Para cada região foi feito o mapeamento axial e radial do campo magnético B_o, $B_z(r,z)$ e $B_r(r,z)$, a fim de verificar a distribuição espacial e orbital das partículas obtendo ainda, o tempo de confinamento de energia e consequentemente a influência de B_o no aquecimento do elétron na ressonância ciclotrônica dos elétrons, ECRH , Rapozo et al. /1/, e na ressonância híbrida inferior.

O diagnóstico foi feito com sonda eletrostática, plana, móvel (axial e radial), sonda Hall, sonda magnética, bobina diamagnética e espectrógrafo.

Ressonância hibrida inferior

I - INTRODUÇÃO

A compreensão do comportamento do plasma em cada processo é altamente relevante, e isto pode ser alcançado estudando-se as relações entre os parâmetros macroscópicos, tais como: temperatura, densidade, pressão, etc.

Neste trabalho a ionização e o aquecimento do gás Hélio são feitos por uma fonte de microonda usando um magnetron 2M 172J, SANYO, de f_{RF} = 2,45 GHz, P_{RF} = 800 Watts, em regime contínuo ou pulsado e a excitação do mesmo, no nível de frequência híbrida inferior (~28 MHz) é feita por uma fonte de RF de frequência variável (20 a 30 MHz) e P_{RF} = 100 Watts a qual é acoplado um "loop-antenna".

O estudo da influência do campo magnético B_o é feito para regiões de grande e pequeno volume de ressonância na máquina linear LISA, figura 1, que permite avaliar a razão de aquecimento (α) por ressonância ciclotrônica dos elétrons, ECRH, como função das dimensões da região ressonante, Rapozo e Sakanaka /2/, como também na ressonância híbrida inferior, ω_{LH}. O "vale magnético" produzido pela desconexão de um certo número de bobinas no centro da máquina, que é a região de campo pequeno, serve para aumentar a razão de espelho, melhorando desta forma o tempo de confinamento /1/. Isto aumenta a temperatura do plasma após termalização. Contudo, a região e grande volume é a que apresenta melhores perspectivas em se tratando de ressonância híbrida inferior.

II - DISPOSITIVO EXPERIMENTAL

Basicamente, o dispositivo experimental consta das seguintes partes, conforme é mostrado na figura 2.

a) câmara de vácuo,
b) sistema de vácuo,
c) fonte de alimentação,
d) bobinas de campo magnético.

Faremos uma análise de cada uma dessas partes do sistema e suas finalidades na experiência.

a) Câmara de Vácuo

A ionização é feita no interior de um tubo cilíndrico, de aço inoxidável de 250 cm de extensão por 17 cm de diâmetro, com abertura nos dois extremos e nas laterais, diametralmente opostas, a fim de serem conectados sistemas de diagnóstico, medidores de pressão, guia de onda, conexão com antena de rádio-frequência, entrada de gás, fonte de feixe eletrônico e acoplamento ao sistema de vácuo.

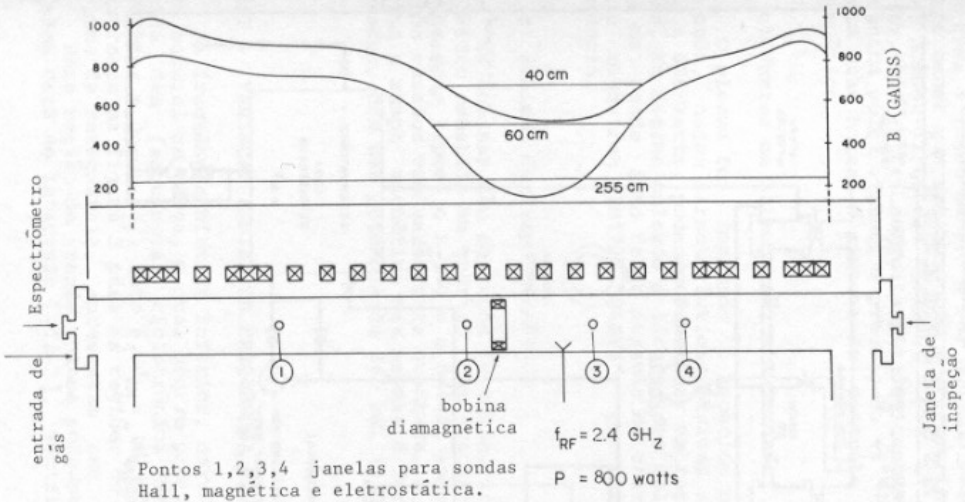

Fig. 1 - Máquina Linear LISA e perfis dos campos magnéticos para as regiões de grande (L_1=60cm) e pequeno (L_2=40cm) volume de ressonância, respectivamente.

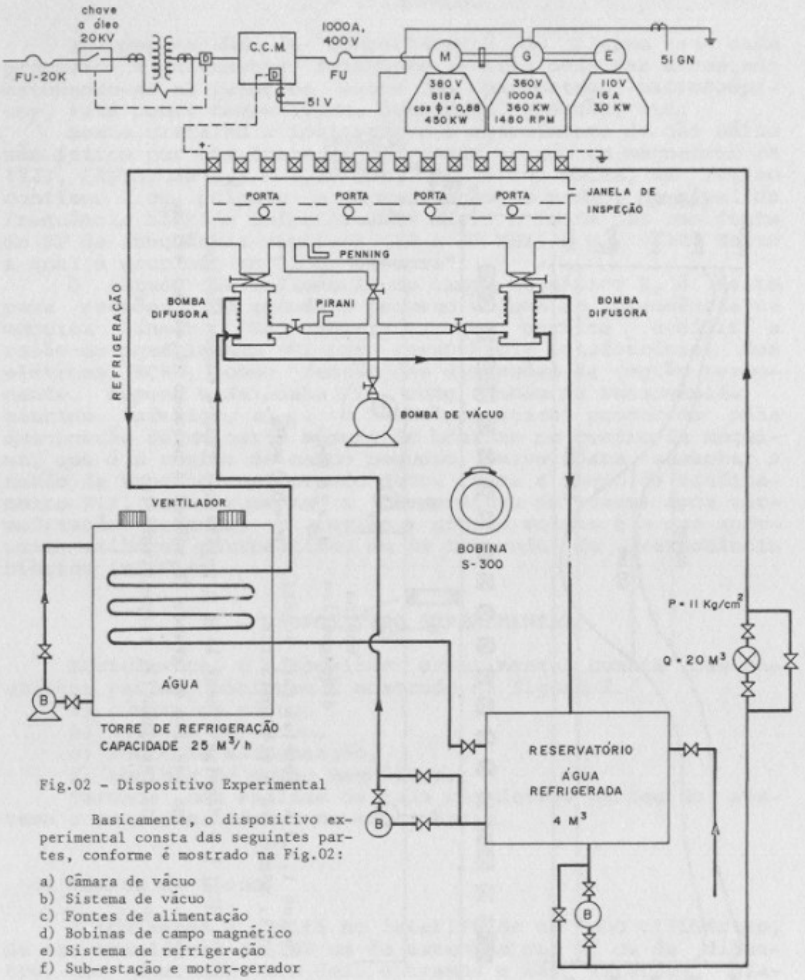

Fig.02 - Dispositivo Experimental

Basicamente, o dispositivo experimental consta das seguintes partes, conforme é mostrado na Fig.02:

a) Câmara de vácuo
b) Sistema de vácuo
c) Fontes de alimentação
d) Bobinas de campo magnético
e) Sistema de refrigeração
f) Sub-estação e motor-gerador

b) Sistema de Vácuo

O sistema de vácuo constitui-se de uma bomba mecânica "BALZERS" acionada por um motor de indução "BROW BOVERI", potência de 1,75 HP, trifásico, 380 V, 3,2A, velocidade de 560 rpm, e vazão de 3,5 m^3/h, podendo evacuar o tubo em um tempo menor que uma hora até a pressao de 10^{-3} Torr, e mais duas bombas difusoras "LEYBOLT" com 6" de diâmetro, 220 Volts, 800 Watts, as quais ligadas conjuntamente com a bomba mecânica podem atingir a pressão de 10^{-6} Torr em aproximadamente duas horas. O sistema de controle e comando é todo automático.

c) Fontes de Alimentação e Antenas

O plasma foi ionizado e aquecido por uma fonte de microonda, cujas características básicas são: f_{RF} = 2,45 GHz, P_{RF} = 800 Watts, podendo funcionar em regime contínuo e pulsado. Em regime pulsado a largura dos pulsos varia de 10 a 100 ms, sendo isto feito através do chaveamento de uma válvula magnetron 2M172J "SANYO", por meio de um estágio de potência.

d) Bobinas de Campo Magnético

As bobinas são de tubos de cobre, recobertas com fibras de vidro embebida em quartzo com acabamento final em epoxi. Temos dois tipos: o S-300 e o S-440, ambos constituídos de tubos vazados com seção reta quadrada. A corrente para produzir o campo magnético nas mesmas é fornecida por um grupo gerador, com uma potência de 360 kW, (360 V, 1000 A - D.C.).

III - VARIAÇAO RADIAL DA FREQUÊNCIA HÍBRIDA INFERIOR

A frequência híbrida inferior, deve-se a uma ressonância natural na carga, a qual ocorre próxima a média geométrica das frequências ciclotrônica dos elétrons e íons, Schlüter e Oakes /3/, isto é, $\omega_{LH} = (\omega_{ci}\,\omega_{ce})^{1/2}$ Os perfis mostraeos na figura 3 para as regiões de grande e pequeno volume de ressonância, apresentam uma certa diferença.

Para região de grande volume pode-se ver que seu valor máximo está no intervalo [-7,-3], verificando-se neste in-

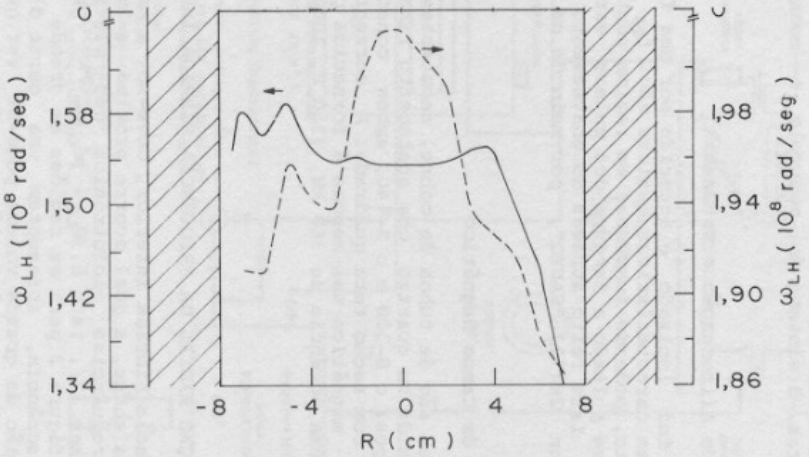

Figura 03

Variação radial da freqüência híbrida inferior para as regiões de grande (linha cheia) e pequeno (linha pontilhada) volume de ressonância.

tervalo que além do maior aquecimento de íons e elétrons, também a eficiência máxima na conversão de energia da onda em energia cinética das partículas do plasma. A partir deste ponto a mesma cai de seu valor máximo e se mantém constante no intervalo [-4,4], caindo abruptamente para zero a partir de r = 4 cm.

Para a região de pequeno volume de ressonância esta frequência apresenta um valor mínimo em r = - 7 cm, aumentando até r = - 5 cm, diminuindo, agora até r = - 3 cm, aumentando novamente de aproximadamente 13% no intervalo [-3,-1], mantendo-se constante neste valor máximo no intervalo de [-1,1], quando começa a cair abruptamente a partir de r = 1 cm, atingindo o seu valor mínimo em r = 7 cm.

CONCLUSÃO

Concluimos a partir desta análise que esta configuração oferece melhores perspectivas para trabalhos relativos a ressonância híbrida inferior, tendo em vista maiores possibilidades de acesso das ondas na região de alta densidade do plasma, aquecimento mais efetivo dos íons e elétrons e maior eficiência na conversão de energia da onda em energia cinética das partículas do plasma.

REFERÊNCIAS

/1/ C. da C. Rapozo, S. Aihara e P. H. Sakanaka, IV-Japan Brazil Symposium on Science and Technology, Vol. 3, 162 (1984).

/2/ C. da C. Rapozo and P. H. Sakanaka, Proceedings of the Spring College on Plasma Physics, ICTP, Trieste, Italy (1985).

/3/ H. Schlüter and M.E. Oakes, Proceedings of the Seventh International Conference on Phenomena in Gases,Belgrade, Vol. 2, 374 (1965).