# 1º Congresso Brasileiro de Física dos Plasmas

10 a 13 de dezembro de 1991 Mendes Plaza Hotel, Santos - SP

LCP



# PLANTA PILOTO DE GERAÇÃO DE ENERGIA POR MAGNETOHIDRODINÂMICA: TECNOLOGIA E CRONOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO

. . .

1.1.1

. . .

Daltro Garcia Pinatti<sup>(1), (4)</sup>; Carlos Alberto Baldan<sup>(1)</sup>; Carlos Yujiro Shigue<sup>(1)</sup>; Victo dos Santos Filho<sup>(1)</sup>; Paulo Magalhães Filho<sup>(2)</sup>; Gu<u>i</u> lherme Eugênio Filippo Fernandes Filho<sup>(2)</sup>; João de Andrade de Carv<u>a</u> lhe Júnior<sup>(3)</sup>; Arui Marotta<sup>(4)</sup>; Carlos Alberto Ferrari<sup>(4)</sup>; José Ant<u>o</u> nic Roversi<sup>(4)</sup>

1 CEMAR-FII - Lorena-SP; (2) FEG-UNESP - Guaratinguetá-SP; (3) IMPE-Cachoeira Paulista-SP; (4) IFGW-UNICAMP - Campinas-SP.

### 1. INTRODUÇÃO

As aplicações da geração de energia por magnetohidrodinâmica têm sido atrasadas, devido a dois fatores principais: 1) a baixa condutivida de elétrica do plasma gerada pela combustão dos combustíveis convencionais (gás natural, óleo e carvão mineral), que sendo da ordem de 10M/S demanda gran des equipamentos com alto custo de capital; 2) erosão dos eletrodos resultan do em baixo tempo de vida.

A segunda questão foi resolvida nos últimos três anos com ele trodos heterogêneos de cobre e cerâmica quentes  $(ZrO_2 - Y_2O_3, In_2O_3)$  e cromato de lântanio). Atualmente ja foi alcançado 800 horas de tempo de vida, sendo previsto alcançar 2000 horas como tempo de vida limite. A primeira questão veio ter solução no Brasil com a proposta de utilizar celulignina ou lignina carbonizada obtida através da pré-hidrólise da biomassa como combustível para MHD (1, 2). A proposta baseia-se no fato de que a celulignina é um polímero com alta relação C/H, enquanto que os hidrocarbonetos são cadeias lineares com baixa relação C/H. A combustão de combustível de alto teor de carbono (3) resulta em uma condutividade a 3000°K da ordem de 70S/m, quando queimado com  $0_2$  puro, 80S/m, quando queimado com ar enriquecido com  $0_2$  e 110S/m, quando queimado com  $0_2$  e adicionado Ar na proporção de 1/1. Estes valores estão da ordem de 7 a 11 vezes superiores à condutividade dos combustiveis convencio nais.

O fato acima implica em duas consequências de enorme significa do. 1) Considerável redução dos custos de capital e dos equipamentos de MHD (combustor, canal, trocador de calor radiante, magneto supercondutor); 2) possibilidade de ser alcançada conversão energética, próxima de 50% mesmo em equipamentos de pequeno porte (20 a  $60MW_{+}$ ).

Reconhece-se a limitação que a produção de celulignina em larga escala representa para a adoção desta tecnologia. A proposta, entretanto, tem provocado dois estímulos a nível mundial que são o desenvolvimento de técni cas de purificação de carvão mineral para ampliação da condutividade elétrica do seu plasma de combustão e o incentivo aos planos de reflorestamento como alternativa energética, salientando-se os programas da Suécia, Comunidade Eco nômica Européia e EUA.

242 - 211

 $\eta$  - eficiência;

 $\kappa = c_p/c_v$  - constante adiabática;

 $\lambda$  - condutividade térmica;

- $\lambda_e \sim 1/p$  caminho livre dos elétrons;
- $\mu$  viscosidade;
- $\rho$  densidade;
- $\sigma$  condutividade elétrica;

 $b_0, b_1, b_2, C_n, C_0, C_1, C_2, C_3, \alpha, \beta, \gamma, A, \alpha', \beta', \gamma'$  - constantes.

# Referências

- E. Pfender, "Electric Arcs and Arc Gas Heaters" in "Gaseous Electronics", M. Goldman [1] and A. Goldman, Academic Press, New York, 1978.
- B. A. Uriúkov, "Métodos Matemáticos Aproximados de Pesquisas em Arcos Elétricos" in "Teoria do Plasma Térmico de Arco Elétrico", editado por M. F. Zhukov e A. S. |2|Koroteiev, Nauka, Novosibirsk, 1987. (em russo)
- O. I. Yas'ko, "Correlation of Characteristics of Electric Arcs", J. Appl. Phys. D, 2, 1969, [3]
- pp. 733-751. S. V. Dresvin, editor, "Physics and Technology of Low Temperature Plasmas", The [4] Yowa State University Press/AMES, 1977.
- M. E. Zarudi, "Method of Calculating Characteristics of an Arc in a Channel", High 5
- Temperatures, <u>6</u>, 1968, pp. 32-40. M. F. Zhukov, V. I. Smoliakov e B. A. Uriúkov, "Aquecedores de Gás à Arco Elétrico 6 (Plasmatrons)", Nauka, Moscou, 1973. (em russo)
- M. F. Zhukov, A. S. Koroteiev, B. A. Uriukov, "Dinâmica Aplicada do Plasma Térmico", [7]Nauka, Novosibirsk, 1975. (em russo)
- M. F. Zhukov, editor, "Princípios de Cálculo de Geradores de Plasma de Esquema 8 Linear". Instituto de Termo-Física, Novosibirsk, 1979. (em russo)
- M. F. Zhukov, A. S. Anshakov, I. M. Sacipkin et al., "Geradores de Arco Elétrico com [9] Inserção entre Eletrodos", Nauka, Novosibirsk, 1981. (em russo)
- A. G. Shashkov e O. I. Yas'ko, "Aplication of Approximate Similarity for Correlating [10]Arc Characteristics", IEEE Trans. Plasma Sci., PS-1, 21,1973, pp. 21-37.

# ABSTRACT

We review some of the basic questions related to the plasma torches. The types of torches and the methods of arc stabilization are described. We show the relevance of the mechanisms of interaction of the arc with the walls and the gas flow to the understanding of the processes occurring inside of the arc chamber. We present a classification of the plasma torches which is based on the length of the arc. We review the general equations that describe the electric arc plasma, the simplified solution given by the Elenbaas-Heller equation and the Theory of Similarity, that establishes the fundaments for the projects of plasma torches.

### 2. PRODUÇÃO DE CELULIGNINA (4)

A figura l ilustra o esquema de uma planta de pré-hidrólise áci da de biomassa operando a  $150^{\circ}$ C, pressão de 6 atm e solução ácida diluída de 0,7% de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. O reator é feito em aço carbono revestido com Nb, que é o ma terial que viabilizou técnico-economicamente esta tecnologia. A hemicelulo se da biomassa é convertida em açúcar xilose cujas aplicações são na produção de furfural, xilitol (adoçante) e álcool. A celulignina é facilmente secável com calor residual (100°C) a teores de umidade da ordem de 500ppm. Após se cagem é moida com baixo consumo de energia (11 Kwh/t) à partículas da ordem de 111 cm 1,15 da energia contida na celulignina).

A tabela I mostra a composição e o poder calorífico da celulig nima antes e apís a carbonização. As figuras 2.a e 2.b mostram a condutivida de da combustão de carbono e combustíveis convencionais (5, 6). As figuras de da condutividade e parâmetro de Hall recalculados pelo Grupo de Elénovem - Holanda, que confirma os cálculos do grupo do ETL - Japão e IVTAN-USSE - .

### 3. PROJETC BÁSICO

A figura - mostra o esquema da planta piloto de (20+10) MW<sub>t</sub> em ciclo triplo combinado de MHD, turbina a gás e turbina a vapor (8), com os se guintes componentes: Combustor (C), Canal de MHD (CH), Magneto Supercondutor (MS), Difusor (D), Trocador de Calor Radiante (TR), Caldeira de Recuperação (CR), Recuperador de Semente de K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (RS), Silo-Secador de Celulignina (SCS), Moinho (MO), Soprador (SP), Alimentador (AL), Carbonizador (CB), Cilone com Filtro (CF), Turbina a Gás (TG), Compressor de Ar (CA), Turbina a Vapor (TV), Gerador (G), Condensador (CD), Bombas (B) e Torre de Refrigeração (T).

A caldeira de recuperação é da classe 2,1 MPa já existente na maioria das geradoras de biomassa em operação no país (álcool e açúcar, papel e celulose, cooperativas agrícolas, etc.). A primeira etapa de implantação da planta é a instalação da turbina a gás, operando com volátil da celuligni na, ar quente e injeção de vapor, juntamente com o trocador de calor radiante e combustor, operando a 0,1 MPa. Para plantas de co-geração em que há consu mo de vapor de processo é dispensável a instalação da turbina a vapor que é um equipamento de alto custo de capital (fig. 5).

Numa etapa intermediária será desenvolvido um circuito de topo de 5  $MW_t$  (fig. 6) antes da fabricação da planta piloto de  $20MW_t$ . Nesta plan ta de laboratório será desenvolvida toda a tecnologia, bem como serão testa dos os componentes da planta de 20  $MW_t$ . Como os testes são intermitentes se rá utilizado suprimento externo de  $O_2$  e  $N_2$  líquidos, dispensando a necessida de da instalação de compressores. Após o trocador de calor radiante serão instalados o carbonizador e chaminé para exaustão do calor diretamente na at mosfera. Nesta etapa não se farã recuperação de semente.

A celulignina moida será suprida por caminhões tipo baú a partir de uma planta de pré-hidrólise de 18t/dia presentemente em fase de instalação em Lorena por um consórcio de empresas (9).

### 4. CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO E PONTOS CRÍTICOS DA GERAÇÃO DE ENERGIA POR MHD

O cronograma segue uma sequência engenhosa com três caracterís ticas.

l) Desenvolvimento experimental de pontos críticos (19 e 29 anos): Visa o teste experimental da alimentação do combustor em alta e baixa pressão, combustor de 5 MW<sub>t</sub> em alta e baixa pressão, diagnóstico do plasma de combus tão, desenvolvimento dos eletrodos, cálculo computacional do canal, trocador de calor radiante de 5 MW<sub>t</sub>, carbonizador de 5/20MW<sub>t</sub>, ciclone/filtragem de vo láteis-celulignina carbonizada. Todos os desenvolvimentos experimentais se rão feitos a nível laboratorial nas quatro entidades executoras do programa. São trabalhos de baixo custo com exceção do trocador de calor radiante que contará com suporte financeiro empresarial e terá seu desenvolvimento piloto antecipado, devido seu acoplamento à turbian a gás. Eles focalizam pontos críticos fundamentais de serem dominados no país, antes de qualquer investi mento de maior porte no setor. Cada uma das atividades acima possui seu cro nograma detalhado de dois anos e suas metas alcançam as características reque ridas pela planta piloto de 20MW<sub>+</sub>.

2) Projeto e detalhamento executivo (2º e 3º anos): Esta etapa visa o completo detalhamento da planta de 20MW<sub>t</sub> com demonstração executiva da sua tecnologia de fabricação, instalação, operação e diagnóstico a nível de 5MW<sub>t</sub>. A figura 6 ilustra o esquema para esta etapa onde serão adicionados às instalações anteriores os seguintes equipamentos: canal de 5MW<sub>t</sub>, diagnós tico do plasma no canal, magneto para canal de 5MW<sub>t</sub> e difusor. A exaustão dos gases de combustão na fase laboratorial de 5MW<sub>t</sub> é viável, tendo em vista a baixa carga térmica e o baixo consumo de potássio (1%, 50kg de K/hora - US\$ 300,00/hora). A figura 7 mostra o canal e a figura 8 mostra o magneto supercondutor. A instalação permitirá o teste completo de todos os componen tes básicos da planta piloto de 20MW<sub>t</sub>.

3) Implantação da planta piloto de  $20MW_t$  ( $3^{\circ}, 4^{\circ} e 5^{\circ}$  anos): A implantação do MHD é precedida da instalação da turbina a gás (fig. 5). É constituída do combustor de  $20MW_t$ , canal de  $20MW_t$ , magneto de  $20MW_t$  e recupe ração de semente. O desafio é produzir as primeiras unidades já com caracte rísticas industriais a partir dos dados e experiência adquiridos na instalação de laboratório. O detalhamento de instalação de turbinas a gás aplicado as caldeiras de 2,1 MPa já existentes está em andamento. São turbinas aero-derivadas e importadas em instalações integradas montadas em trailers.

Listam-se os seguintes pontos críticos a serem desenvolvidos no programa nacional de geração de energia por MHD.

a) Alimentação e carbonização da celulignina a  $600^{\circ}$ C em regime de fluxo denso. A tecnologia de fluxo denso à temperatura ambiente, foi de senvolvida pela CFFF (10) com resultados amplamente satisfatórios. Espera-se que a mesma seja facilmente extendida a  $600^{\circ}$ C, tendo em vista que a celuligni na moida a 40 µm mantém-se desaglomerada durante a carbonização. Para 20MW<sub>t</sub> a tubulação é da ordem de 30mm e a queda de pressão em 20m é de 2 atm. Caso haja incrustação a carbonização em fluxo denso será substituída por um siste ma de parafuso com resfriamento na parte final do mesmo. O grau de carboni zação visa a diminuir o teor de H no plasma e aumentar o poder calorífico da celulignina.

b) Separação do volátil da celulignina carbonizada através de ciclone e filtro cerâmicos. O objetivo é baixar o nível de particulados do volátil ao nível exigido pelas turbinas a gás, através de filtros cerâmicos de CSi operando a 600°C. Trata-se de tecnologia já testada em gaseificadores de carvão mineral e madeira onde são instalados dois filtros paralelos (11). Enquanto um está em operação, o outro está sendo limpado por contrapressão.

c) Combustor ciclônico horizontal de  $3200^{\circ}$ K e baixa perda térmi ca (< 0,5MW/m<sup>2</sup>). Trata-se de tecnologia já testada na USSR para gases (12), e nos EUA para carvão (13). O grau de carbonização da celulignina e a temp<u>e</u> ratura de combustão serão ajustados de modo a maximizar a condutividade do plasma. O ar de combustão é pré-aquecido a  $1300^{\circ}$ K e enriquecido com O<sub>2</sub>. A análise técnico-econômica do ciclo duplo (14) tem mostrado que o rendimento ótimo da planta situa-se em torno de 30% de enriquecimento de O<sub>2</sub>.

d) Diagnóstico do plasma de combustão. Será feito através da técnica de interferometria e transmissidade auxiliada por laser (15). Esta técnica permite a medida simultânea da condutividade elétrica do plasma e da densidade eletrônica. Utilizando-se detectores de respostas rápidas tipo dio do de barreira Shottky será possível determinar as flutuações da condutivida de elétrica e da densidade do plasma. Desta forma será possível estudar o pro cesso de combustão dos particulados de celulignina em função das várias carac terísticas do combustível (grau de carbonização e do carburante 0<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, Ar , cinzas, etc.).

e) Tempo de vida dos eletrodos. Dada a alta condutividade  $el\underline{e}$ trica do plasma de combustão de celulignina (70S/M) há significativa demanda na densidade de corrente dos eletrodos. A corrente média e tensão são dadas por (16):

$$J = \frac{\sigma V}{2d}$$
,  $p = \frac{\ell \sigma V^2}{2}$ .  $\frac{b}{d}$ 

inde J= 3,73A cm<sup>2</sup> é a densidade de corrente,  $\sigma$  = 70S/M a condutividade elétri ca do plasma, V= 160V a tensão entre os eletrodos vizinhos, b= 0,15mm a largu ra e d= 1,15mm a altura do canal (distância média entre cátodo e ânodo), P≖ -MW a potência do canal e  $\ell$  = -,50m é o comprimento do mesmo. Os valores de 1617 e 3,73A cm², já se encontram em regime de micro-arco (17). Para o reg<u>i</u> me difuse onde não houvesse qualquer erosão de eletrodo os valores seriam 1,50A om² e 1077 (18) e para o regime de macro-arco onde - há significati va erosão des eletrodos os valores são - de 5,73A cm² e 230V. A diminuição de J implica no aumento da altura do canal e consequentemente no aumento da largura (aumento do custo do magneto) para manutenção da mesma potência. А pesquisa do tempo de vida dos eletrodos constitui a parte mais crítica de um MHD de um plasma de alta condutividade elétrica (Fig. 9).

f) Diagnóstico do plasma no canal. São conhecidos métodos de diagnósticos de três tipos: óticos, espectrais e invasívos (pontas de prova) (19). е Os principais são:1) Linha de Na/K reversa (medida de temperatura de plasma densidade de potássio); 2) Condutividade em rádio frequência (medida de condu tividade do plasma); 3) Termopar dinâmico (medida de temperatura do combustor); 4) Pirômetro de dupla cor (medida da temperatura das paredes do canal); 5) Me didas de condutividade DC (medida de condutividade média nas direções radiais e axiais do canal); 6) Interferometria e transmissividade elétricas da densi dade eletrônica do plasma); 7) Provas eletrostáticas (medida da densidade ele trônica). Os métodos acima deverão ser aplicados para situações diversas como no volume do plasma, na camada limite proxima dos eletrodos, regime de arco e várias instabilidades (break-down, burn-out, etc.). Atualmente estão sendo feitos estudos, visando identificar a adoção do menor número de métodos, porém, cobrindo as necessidades principais do projeto de laboratório. O méto do 6 resume as condições de preencher todos os requisitos necessários.

g) Cálculo computacional do canal (20). O objetivo é o dimen sionamento do canal (comprimento e sessão transversal), determinação da poten cia gerada, densidade de corrente nos eletrodos e demais parâmetros. É admi tido fluxo unidimensional envolvendo as seguintes grandezas: densidade, velo cidade do gás, sessão do canal, fluxo de massa, pressão estática, vetor densi dade de corrente, vetor intensidade de campo magnético, perda por atrito, per da de calor, entalpia do gás, vetor de campo elétrico, constante do gás e tem 1) Deter peratura estática. Os cálculos são feitos na seguinte sequência: minação dos principais parâmetros de projeto (condições do gás de combustão , potência térmica de entrada, fluxo de gás, intensidade de campo magnético, dis tribuição da velocidade ao longo do canal, pressão de estagnação na entrada , pressão de saída, condições de carga, potência elétrica de saída); 2) Deter minação das condições do combustivel (escolha do combustivel, oxidante, semen tes de ionização, razão de equivalência, temperatura de pré-aquecimento do serem oxidante e do combustível); 3) Critérios gerais do projeto do canal a respeitados (limite do valor do parâmetro de Hall, limite do arco e erosão do eletrodo-densidade de corrente, limite de resfriamento da parede do canal, in teração dos parâmetros térmicos e magnéticos), equações básicas utilizadas

(conservação de massa, momentum, energia, estado do gás calculado a partir do equilibrio térmico, configuração do gerador - faraday ou diagonal, determina ção da perda de carga e da perda de calor). O cálculo numérico-computacio nal do canal segue os seguintes métodos e critérios: 1) Runge-Kutta-Gill ten do o fluxo de gás como condição de entrada (velocidade, massa específica, pres são e temperatura) e a pressão como condição de saída; 2) Velocidade, número de mach e secção transversal constante ou outros limites coerentes; 3) Pro priedades termodinâmicas e elétricas do gás (entalpia, entropia, condutivida de elétrica, etc.) no canal são tomadas a partir de equações pré-determinadas de um programa computacional termodinâmico que as originou; 4) A convergên cia dos valores calculados é verificada pela comparação com a pressão de saída pré-determinada.

h) Magneto supercondutor tipo pista-de-corrida. Tradicionalmen te tem sido usados os magnetos tipo sela. A adoção do magneto tipo pista-decorrida visa a propiciar a substituição rápida do canal pela parte superior, visando a alcançar nível comercial já com tempo de vida de uma semana (150h). Nas usinas de álcool e açúcar (clientes prioritários) é prática normal a para lização aos domingos para a manutenção. Esta prática pode ser facilmente ex tendida às usinas termoelétricas de base, tendo em vista o baixo consumo de energia aos domingos, bem como a adoção de um calendário de substituição do canal para as várias unidades acopladas ao sistema elétrico. Para a instala ção de laboratórios serão adotadas as dimensões da figura 8. Para a planta piloto serão definidas as dimensões em função da erosão de eletrodos tal como indicado no item e.

i) Trocador de calor radiante. Esta é uma combinação de tecno logia existente na petroquímica e em coating de turbinas aeronáuticas (21, 22). O corpo do trocador de calor é uma dupla parede de inoxidável refrigerado a água e tendo a parede interna recoberta com 25mm de zircônia. Esta é socada entre separações de cobre, também refrigerada a água. Os tubos internos ao trocador de calor para enriquecimento do ar enriquecido são em aço centrifuga do tipo HP(WC 1), tendo a parte externa da zona inferior revestida com zircô nia por plasma spray. A parte crítica é a inferior do lado interno do troca dor de calor, porém o "coating" desta parte é passível de reparos nas opera ções de manutenção.

j) Recuperação de semente. Esta tecnologia está desenvolvida a nível mundial através de injeção intermitente de vapor super-aquecido no trocador de calor e caldeira de recuperação (Soot blowing). A semente e escó ria são coletadas no fundo das unidades onde sofrema secagem parcial e são re tiradas por válvulas rotatoriais. Normalmente o  $K_2CO_3$  é purificado e recicla do para o combustor (1% da massa total). No caso nacional é prová vel que o  $K_2CO_3$  possa ser utilizado na indústria de fertilizantes sem purifi cação, dispensando, portanto, instalação de recuperação de sementes.

### 5. CONCLUSÃO

A utilização da celulignina como combustivel de MHD abre as per<u>s</u> pectivas de desenvolvimento de equipamentos de alta extração entálpica e bai xo custo de capital. É possível o seu acoplamento à turbina a gás, resultan do numa eficiência de conversão termoelétrica próxima de 50%, mesmo em usinas de pequeno porte (15 a  $50MW_e$ ). Considerando o grande potencial de biomassa do país recomenda-se que o desenvolvimento desta tecnologia seja considerada pri oridade nacional.

# 6. BIBLIOGRAFIA

- D.G. Pinatti e G.E.F. fernandes Filho. The FTI Magnetohydrodinamic Program. 3º Workshop de Combustão e Propulsão. Lorena-SP, 1989.
- (2) D.G. Pinatti and G.E.F.F. Filho. A Small Size MHD Energy Generator Coupled to an Alcohol Plant. Magnetohydrodynamic Int. Journal, v 2,nº4, 1990,p.275.

- (3) W.F.H. Merk. Electrical Conductivity in Combustion Plasma of Pure Carbon. Eindhoven University of Technology-Holland. Technical Repport to ILG-Group on MHD Energy Generation-UNESCO.
- (4) D.G. Pinatti, R.L. Rezende. Pré-Hidrólise Ácida da Biomassa como Prepara ção de Combustível para Termoelétrica. V Congresso Brasileiro de Energia, Rio de Janeiro, v 2/3, pg 794.
- (5) K. Takano, K. Onda and K. Kato (ETL). Study of MHD Generator of Open Cy cle of High Conductivity. 10th Symposium on Efficient Use of Energy and Direct Electrical Power Generator. Hokkaido Univ., March 18-19, 1988.
- (6) M. Petrik and B.YA. Shumyatsky. Open Cycle MHD Electrical Power Generation. Argone National Laboratory, Argonne, Illinois, 1978.
- 7 V.M. Batenin and A.E. Buznikov. Characteristics of Small Scale MHD Gene rater for an Alcohol Plant. Magnetohydrodynamic, 2(4): 283-289, 1990.
- B. D. Binatti, G.E.F.F. Filho, P.M. Filho, J.B. Batista, A.C. Silva e O.L.
  D. Bunarães. Planta Piloto de 20MW<sub>t</sub> de Geração de Energia Elétrica por Magnetinidadinamica a Partir da Biomassa. 7 Congresso Brasileiro de Energia. Fio de Caneiro, 1990, v.2.3, pg 804.
- 9 Um construit de empresas liderado pelo Grupo Peimoto de Castro está im plantando em lorena uma planta de pré-hidrólise com caldeira e turbina a gás apta a receber o MHD.
- (10) B.L. Liu and H.J. Schmidt. Modeling of Dense Phase Scal Transport for MHD Applications. 23th SEAM, Somerst, PA, June 25-28, 1985.
- (11) E.D. Larson, P. Svenningsson, I. Bjerle. Biomass Gaseification for Gas Turbine Power Generation in Electricity-Efficient End-Use and New Generations Ed.T.B. Johansson, B. Bodlund and R.H. Willians. Lund Univ.Press.
- (12) A.E. Buznikov, L.Z. Dreizin, A.N. Murashev and A.S. Prokop. Combustors for MHD-Facilities. I Seminário Brasileiro-Soviético em Geração de Ener gia por Magnetohidrodinâmica-MHD. Lorena-SP, 1988, pg. IV-1.
- (13) M. Bauer, R. Braswell, H. Iwata. Slagging Coal Combustors for MHD Appli cations. Proc. of IX Int. Conf. on MHD Electrical Power Generation, Tsu kuba, Japan, V.III, pg. 1019.
- (14) B.K. Sawhney and S.S. Verna. Plant Performance of a Coal Fired MHD Gene rator. Int. Journal of Energy Research, vol.14, 433-447 (1990).
- (15) M. Masuda, Y. Watanabe, T. Ikgaui, H.Nakamuta and M. Akazaki. "Laser-Aided Technique for MHD Plasma Diagnostic. 10th Int. on MHD Electric Power Generation. Dec. 4-8, 1989, Tiruchirappalli-India, v. pg XI-6.
- (16) N.W. Mather. Magnetohydrodynamic in Standart Handbook for Electrical Engineers. Ed.D.G. Fink and H.W. Beaty, Mc Grow-Hill Book Company.
- (17) K. Okazaki, M. Yabe and Y. Okumura. Separation of Discharge Modes and Transition Behaviour of Micro-Arc to Big-Arc. 10th Int.Conf. on MHD Power Generation. Tiruchirappalli, India, 1989, pg IV.55.
- (18) H. Hernberg, A.I. Romanov, A.S. Tikhotsky. Electrical Discharge Behavi our on "Hot" Ceramic Electrodes in open Cycle MHD Channels. 10th Int. Conf. on MHD Electrical Power Generation. Tiruchirappalli-India, 1989, pg IV.1.
- (19) N.N. Baranov, V.B. Vorobyov, Ju.I. Isaenkov, A.D. Iserov, V.I. Kalinin, A.V. Orlov. Diagnostic of Eletrophysical Parameters and Control Over the Working Performance of Large-Scale MHD-Generators. 10th Int. Conf. on MHD Power Generation, Tiruchirappalli, India, 1989, pg XI.1.
- (20) K. Takano, K. Onda. Calculation of Performance of Large Scale Diagonal MHD-Steam Plants. Proc. of 13th Symposium on Engineering Aspects of Mag netohydrodynamics, 1973, pg.1.
- (21) S. Way. Conceptual Design Study for an Early Commercial 500MW<sub>t</sub> MHD Power Plant. 8th Int.Conf. on MHD Electrical Power Generation, Moscow 1983 , vol. I A.6.
- (22) S. Way. Application of Radiant Recuperations in MHD Power Plants. 8th Int.Conf. on MHD Electrical Power Generation, Moscow 1983, vol.3 I.10.

CRONO	GRAMA					
			AN	OS		
AIIVIUAUES	_	2	3	4	5	9
"DESENVOLVIMENTO EXPERIMENTAL DE PONTOS CRÍTICOS, PROJETO, DE TALHAMENTO E IMPLANTAÇÃO DA PLANTA PILOTO DE MHD DE 20MW <sub>l</sub> "						
1) Alimentação do Combustor em Baixa Pressão					-	
2) Alimentação do Combustor em Alta Pressão						
3) Combustor de 5MW <sub>L</sub>						
4) Combustor de 20MW <sub>L</sub>						
5) Diagnóstico do Plasma de Combustão						
6) Desenvolvimento de Eletrodos						
7) Cálculo Computacional do Canal						
8) Canal de SMW <sub>t</sub> (5 x $5 \text{ cm}^2$ )						
9) Canal de 20MW <sub>t</sub> (5 x 20cm <sup>2</sup> )						
10) Diagnóstico do Plasma no Canal	. <u> </u>					
11) Difusor						
12) Magneto para Canal de SMW <sub>c</sub>						
<b>13) Magnet</b> o para Canal de 20MW <sub>t</sub>						
14) Trocador de Calor Radiante <sup>5AW</sup> t						
15) Trocador de Calur Radiante 20MW <sub>t</sub>						
16) Carbonizador 5/20 MWt			_			
17) Ciclone/Filtragem de Voláteis-Celulignina Carbonizada						
18) Recuperação de Sementes						
19) Compressor de Adsorção						



















c