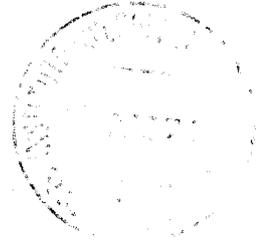


CBTN-IPR	NOTA	GNA/ 06/73 - REV	Pg. 1 / 17			
	PROJETO	ANÁLISE DE REATORES	DATA 13 / 74			
TÍTULO: DESCRIÇÃO SUCINTA DA SUBCRÍTICA CAPITU						
AUTOR: VIRGILIO M. ANDRADE E SILVESTRE PAIANO						
LISTA DE DISTRIBUIÇÃO:		OBJETIVO:				
DTD		Descrever sucintamente a Montagem Subcrítica Capitu fornecendo os elementos mínimos requeridos pelo Relatório de Segurança e para introdução do usuário ao Sistema.				
DIRETORIA IPR ✓						
CHEFIA DP/IPR						
CHEFIA DT/IPR						
CHEFIA LN (2)						
W. LEPECKY (DTD)		RESUMO E CONCLUSÕES:				
R. B. PINHEIRO						
Nº DE CÓPIAS		VISTO	DATA	APROVAÇÃO	VISTO	DATA
30		<i>Paiano</i>				



DESCRIBÇÃO SUCINTA DA SUBCRÍTICA CAPITU

Virgílio M. Andrade
Silvestre Paiano

I. LOCALIZAÇÃO

A montagem Subcrítica Capitu situa-se no Laboratório de Neutrônica, na ala direita do Prédio do antigo Grupo do Tório, Instituto de Pesquisas Radioativas, Cidade Universitária, Pampulha, em Belo Horizonte.

As Figuras 1A, 1B e 1C são cortes sem escala do Laboratório de Neutrônica, mostrando as posições do tanque experimental, tanque de estocagem dos feixes de combustível, reservatório de água pesada, mesa de controle, central de nitrogênio, escritórios e salas adjacentes.

A Figura 2 é uma representação esquemática (fluxograma) do circuito da montagem.

II. DESCRIÇÃO GERAL

No Apêndice I temos uma vista geral do prédio da Subcrítica em perspectiva.

II.1 - Moderador

O moderador é água pesada. O teor isotópico (certificado) deste material antes do seu carregamento na Subcrítica era de 99,78%. A operação de carregamento de D_2O

é descrita na referência /1/.

Todos os componentes são de aço inoxidável tipo AISI 304, exceto o tanque experimental, que é de alumínio tipo AG. O apêndice II é uma cópia do Boletim de Análise deste material.

O moderador permanece constantemente sob atmosfera de nitrogênio com pressão de $0,003 \text{ Kg/cm}^2$ acima da pressão atmosférica, seja no tanque experimental, seja no reservatório de água pesada. O suprimento desse gás é feito através de uma central de nitrogênio constituída por 20 garrafas de 6 m^3 cada.⁽¹⁾ Um painel de comando da estação de nitrogênio permite controlar através de válvulas de regulação automática a pressão desse gás em todo o circuito da Capitu. O ponto de orvalho do nitrogênio utilizado é da ordem de -20°C . O volume do reservatório de D_2O , tanque experimental e tubulações é de cerca de 13 m^3 .

II.2 - Tanque Experimental

O tanque experimental é constituído por uma cuba onde fica situada a água pesada, pelo pedestal de grafita que suporta a cuba, pela coroa, que suporta a malha (reticulado) do combustível e pela tampa giratória e escotilha, que permitem o acesso a qualquer dos feixes de combustível sem que a tampa propriamente dita seja removida. Todo o peso da malha, feixes de combustível, coroa e tampa é suportado por colunas de aço. A cuba do tanque experimental não sofre quaisquer esforços mecânicos, a não ser aqueles resultantes do peso do moderador. A cuba acopla-se à coroa por intermédio de uma cinta de borracha que provê a estanqueidade do acoplamento.

A tampa giratória acopla-se à parte superior da coroa por meio de grampos e de uma junta inflável que garante a estanqueidade do conjunto. Desinflando-se a junta a tampa passa a apoiar-se na coroa sobre um conjunto de rolo

(1) Referida às condições normais de pressão e temperatura.

tes que permitem a rotação da tampa. Nesta situação, a contaminação da água pesada pelo ar atmosférico é evitada pela saída do nitrogênio da cuba para a atmosfera.

A cuba repousa sobre um pedestal de grafita nuclear constituído por blocos de 20 cm por 20 cm por 80 cm de altura. No centro da base do pedestal de grafita existem cinco furos para introdução de fontes de neutrons. O furo central tem 104 mm de diâmetro e 600 mm de profundidade; os demais furos têm 32 mm de diâmetro e 530 mm de profundidade e estão dispostos nos vértices de um quadrado inscrito num círculo de 500 mm de raio. Uma lâmina de cádmio de 1 mm de espessura foi justaposta à superfície lateral exterior da cuba e mais externamente tem-se uma camada de parafina (5% polietileno) de 20 cm espessura.

O conjunto subcrítico propriamente dito repousa sobre mesa de concreto, cujas fundações são independentes das do prédio.

A Figura 3 é uma vista de perfil deste conjunto.

II.3 - Malha e Feixes de Combustível

Os feixes de combustível são dispostos em reticulados hexagonais. Os elementos de suporte dos feixes são vigotas de aço inoxidável, dispostas radialmente, com a extremidade interna em balanço e a extremidade externa aparafusada a um anel. Este conjunto forma a malha. O anel da malha, por sua vez é aparafusado à coroa. Os feixes são suspensos livremente nas vigotas, tendo como único ponto de apoio pequenos furos de forma cônica situados no topo das mesmas. Todos os feixes de combustível são previamente balanceados em estrutura especial situada ao lado do tanque experimental. Um aparelho de aferição da excentricidade do feixe, permite obter-se desvios da verticalidade da parte inferior do feixe (situada a aproximadamente 2 400 mm do ponto de apoio) menores que 0,3mm,

tomando-se o ponto de apoio como referência.

As distâncias entre os furos de apoio dos feixes no dorso das vigotas são tais que permitem obter reticulados hexagonais com passos de 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27cm. A imprecisão no passo é inferior a 0,5 mm.

A malha e os feixes de combustível são ilustrados com detalhes na referência /2/.

II.4 - Fontes de Neutrons

As fontes de neutrons inicialmente disponíveis são um acelerador Kaman 200 Kv que pode operar em regime contínuo ou pulsado (10^{11} n/s em regime contínuo) e duas fontes de Am-Be de 2 Ci cada (total de 10^7 n/s). Até fins de 1974 deverá ser adquirida fonte de Cf-252 da ordem de 1 mg.

O acelerador está situado sob o pedestal de grafita. O seu alvo penetra verticalmente na perfuração do centro da base do pedestal, até a altura máxima de 60 cm (isto é, até um mínimo de 20 cm da base do tanque experimental). Uma plataforma elevador permite movimentar o acelerador verticalmente para fins de manutenção ou para otimização da posição do alvo ou das fontes estáticas.

II.5 - Reservatório de Água Pesada

O reservatório de D_2O está situado a 5,60 metros a baixo da base da cuba do tanque experimental. Destina-se à estocagem de água pesada quando esta não se encontra no tanque experimental. A água pesada é transferida para este último por meio de uma bomba. O retorno da água pesada ao reservatório se faz por gravidade, acionando-se a válvula pneumática situada na tubulação que liga o reservatório ao tanque experimental. As transferências de água pesada entre ambos não provocam subpressões pois ambos são interligados por linha de equalização de pressão

a nitrogênio ($0,003 \text{ Kg/cm}^2$). A Figura 2 (fluxograma) ilustra este tipo de operação. O tanque reservatório tem a forma de um cilindro com bases cônicas. A seção reta do cilindro tem altura de 1700 mm, diâmetro interno de 2500 mm e diâmetro externo de 2508 mm.

II.6 - Sistema de Secagem e Tanques de Estocagem dos Feixes de Combustível

Como se vê na Figura 2, a unidade subcrítica Capitu tem incorporada ao seu circuito um sistema de secagem e de estocagem dos feixes de combustível. O sistema de secagem é constituído por uma ventoinha e dois reservatórios contendo alumina, que é regenerada na própria linha, por aquecimento através de resistências elétricas.

Esse sistema cumpre duas finalidades:

a) permitir a secagem de todos os componentes do circuito antes da colocação de D_2O no mesmo;

b) permitir a secagem dos feixes de combustível após a colocação da água pesada no circuito nas operações de mudança de configuração ou passo do reticulado.

A secagem dos feixes não é feita nos tanques de estocagem pois o revestimento desses tanques demonstrou não ser estanque, permitindo a entrada de umidade através de suas paredes, que são de concreto. Assim, foi instalada uma câmara de secagem (metálica), ao lado do tanque de estocagem. Esta seção de secagem (Figura 2) é constituída por um cilindro de alumínio com tampa hermética removível, inserida na linha de secagem. A descrição desta câmara é detalhada na referência /2/. Ela permite a secagem de quatro feixes (de 70 mm de diâmetro) de cada vez de forma segura e eficiente pois a velocidade de circulação do gás de secagem no cilindro de alumínio (volume de 140 litros) será muito maior que nos tanques de estocagem (cerca de 10 000 litros).

A colocação de um feixe de combustível no tanque experimental é feita:

- retirando-se o feixe dos tanques de estocagem;
- colocando-o na câmara de secagem e secando-o por meio da ventoinha e secadores;
- transportando-o da câmara de secagem para o tanque experimental por meio da ponte rolante.

Esta operação será feita ao ar. O tempo de trânsito é inferior a 5 minutos.

II.7 - Medidores

A instrumentação existente no interior do tanque consta de:

a) Medidores de Temperatura :

São resistências de platina encamisadas em aço, e colocadas em níveis diferentes, na periferia do tanque. A leitura das temperaturas é feita na mesa de comando. Três destes medidores estão instalados.

b) Sensor de Nível Máximo :

Consta de duas placas de aço com área aproximada de 2 cm² e distantes de 1 cm. Quando o moderador atinge estas placas uma corrente circula através das mesmas e a bomba de D₂O é deslizada. A altura deste sensor pode ser variada em função do tipo de combustível utilizado. No caso do combustível francês, a altura do sensor é tal que o nível do moderador ficará cerca de 0,5 cm abaixo do parafuso de fixação do tampão de alumínio das varetas. Vide referência /3/ para descrição do combustível francês.

c) Detetores de Neutrons :

São dois detetores tipo BF_3 com dimensões de 25 mm de diâmetro por 12,5 mm de comprimento e 12 mm de diâmetro por 75 mm de comprimento (ambos com pressão do BF_3 de 40cm Hg). Estes detetores não pertencem à instrumentação de controle . Eles serão utilizados para medidas de distribuição do fluxo, reatividade e controle da multiplicação nas operações de carga de combustível.

Estes detetores estão colocados no interior de tubos de aço inoxidável, que pendem das vigotas da malha também com a extremidade inferior livre. A verticalidade dos tubos é garantida por um pequeno lastro de chumbo colocado na sua extremidade inferior (internamente ao tubo). A alta tensão é levada ao interior do tanque por meio de cabos coaxiais de 75 Ω . Estes cabos tiveram a sua proteção externa substituída por tubos de teflon. Buchas de aço inoxidável constituídas sob medida e o uso de "o-rings" permitem a passagem destes cabos através das paredes do tanque sem perda da estanqueidade. As penetrações na parede lateral da coroa do tanque experimental e o sistema de suspensão dos detetores internos são descritos na referência / 4 / .

A instrumentação existente no exterior do tanque consta de :

a) Detetores para Neutrons Térmicos :

São dois detetores de BF_3 , com 125mm de comprimento e 25mm de diâmetro (pressão de BF_3 de 40cm Hg) colocados entre a superfície exterior do tanque experimental e a lâmina de cádmio que o circunda.

b) Detetores para Neutrons Rápidos :

Dois detetores com as mesmas características dos anteriores, porém colocados junto das paredes do poço da sub

crítica, e envoltos por parafina e, externamente, cádmio.

c) Detetores de Radiação Gama :

São dois contadores tipo GM também colocados nas paredes do poço da subcrítica.

d) Detetores de Fuga de D_2O :

São coletores de aço inoxidável, colocados sob certos pontos da tubulação (saída do reservatório, bomba de D_2O , válvula pneumática). Os coletores têm a forma de bandeja, em cujo centro existe um eletrodo (envolto por um algodão embebido em NH_4Cl) ao qual se aplica a tensão de 110 VAC. Em caso de fuga, o sal entra em solução, e uma corrente elétrica passa pelo eletrodo. Um alarme sonoro é disparado em todos os casos de fuga. Se a fuga for na válvula pneumática, esta abrir-se-á, e a água pesada será recolhida ao reservatório. Este sistema pode ser acionado por vazamentos da ordem de dezenas de mililitros.

e) Medidores de Nível :

O sistema é provido de dois medidores de nível, um situado na cuba do tanque experimental e outro no reservatório de D_2O . Estes medidores constam de bóias de forma cilíndrica no interior das quais estão incrustados pequenos imãs permanentes. Estas bóias percorrem o interior de um tubo de aço inoxidável e um anel de material magnético colocado externamente a este tubo dá uma indicação do nível. Em relação ao medidor de nível da cuba do tanque experimental, as seguintes observações são feitas :

1) o medidor é perfeitamente seguro quanto à estanqueidade, mas a indicação de nível é pouco precisa, da ordem de 1 cm.

2) o medidor de nível está instalado na linha de entrada e saída do moderador da cuba do tanque experimental e por esta razão somente são confiáveis as leituras feitas em regime estático.

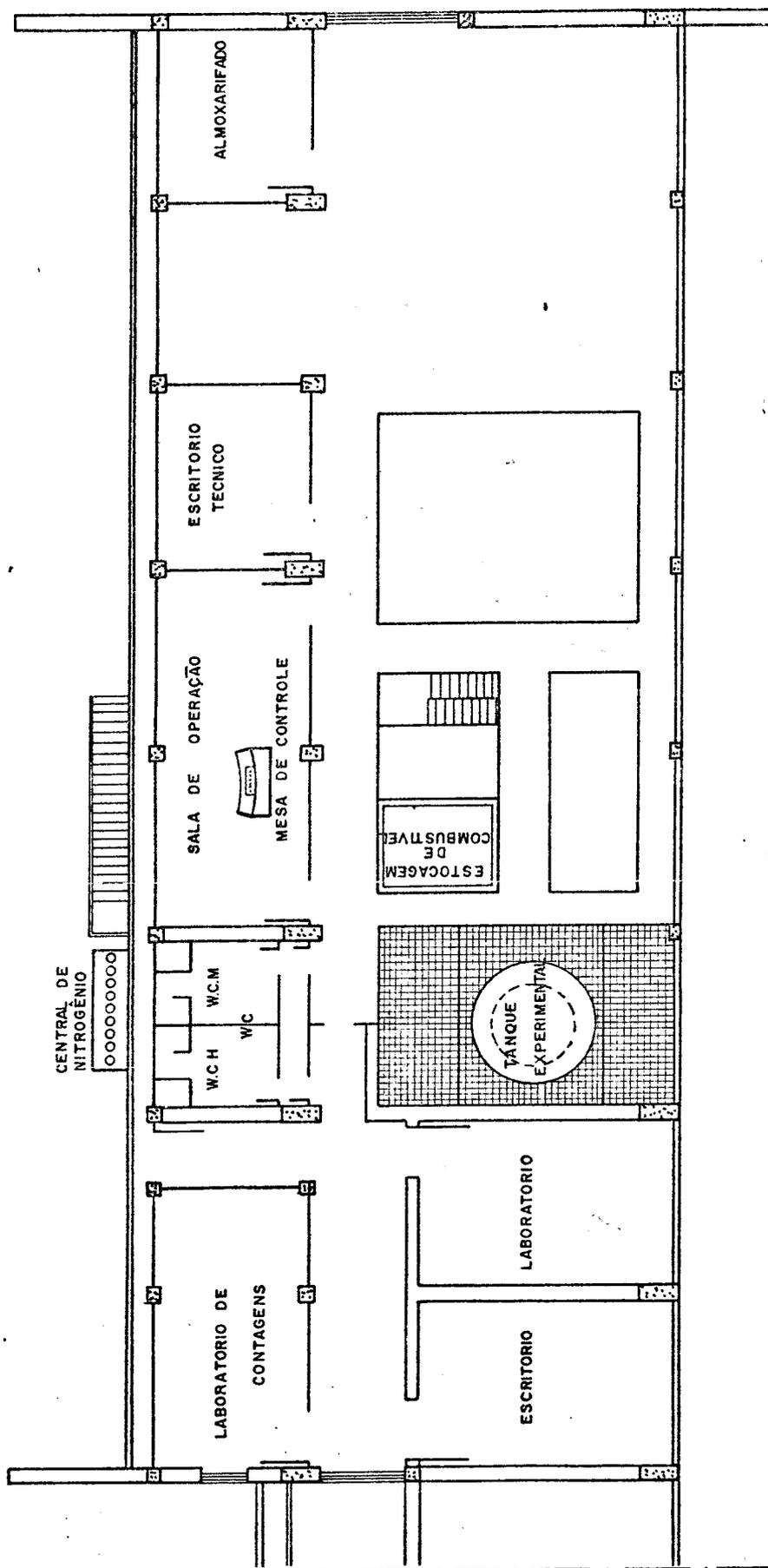
A instrumentação descrita na secção II.7, com exceção dos medidores de nível e detetores de neutrons instalados no interior do tanque se reporta à mesa de comando cuja descrição e operação são dadas nas referências /5/ e /6/.

O medidor de nível e sua performance são descritos na referência /7/.

III. BIBLIOGRAFIA

Para uma descrição detalhada da Montagem Subcrítica Capitu, vide o relatório SERETE a respeito, existente nos arquivos do Laboratório de Neutrônica.

- /1/ ANDRADE, V.M., Relatórios sôbre a Colocação de Água Pesada na Capitu, NOTA GNA 08/73, IPR.
- /2/ ANDRADE, V. M., Relatório Final de Montagem da Subcrítica Capitu, NOTA GNA 15/73, IPR.
- /3/ PAIANO, M., PAIANO, S., Descrição da Primeira Carga da Subcrítica Capitu NOTA GNA 04/73, IPR.
- /4/ PAIANO, S. Exploração Preliminar da Subcrítica Capitu com Água Leve NOTA GNA 05/73, IPR.
- /5/ OLIVEIRA, J.A.O. e Outro Nota Preliminar sôbre a Mesa de Comando da Subcrítica Capitu , NOTA GNA 07/73, IPR.
- /6/ GOMES, J. M., Manual de Operação da Subcrítica Capitu, (Mesa de Comando) NOTA GNA 03/73
- /7/ REZENDE, M.F.R., Medida do Nível de D_2O na Subcrítica Capitu, NOTA LN 01/74, IPR.



1º PAVIMENTO - LAB NEUTRONICA Figura 1 A

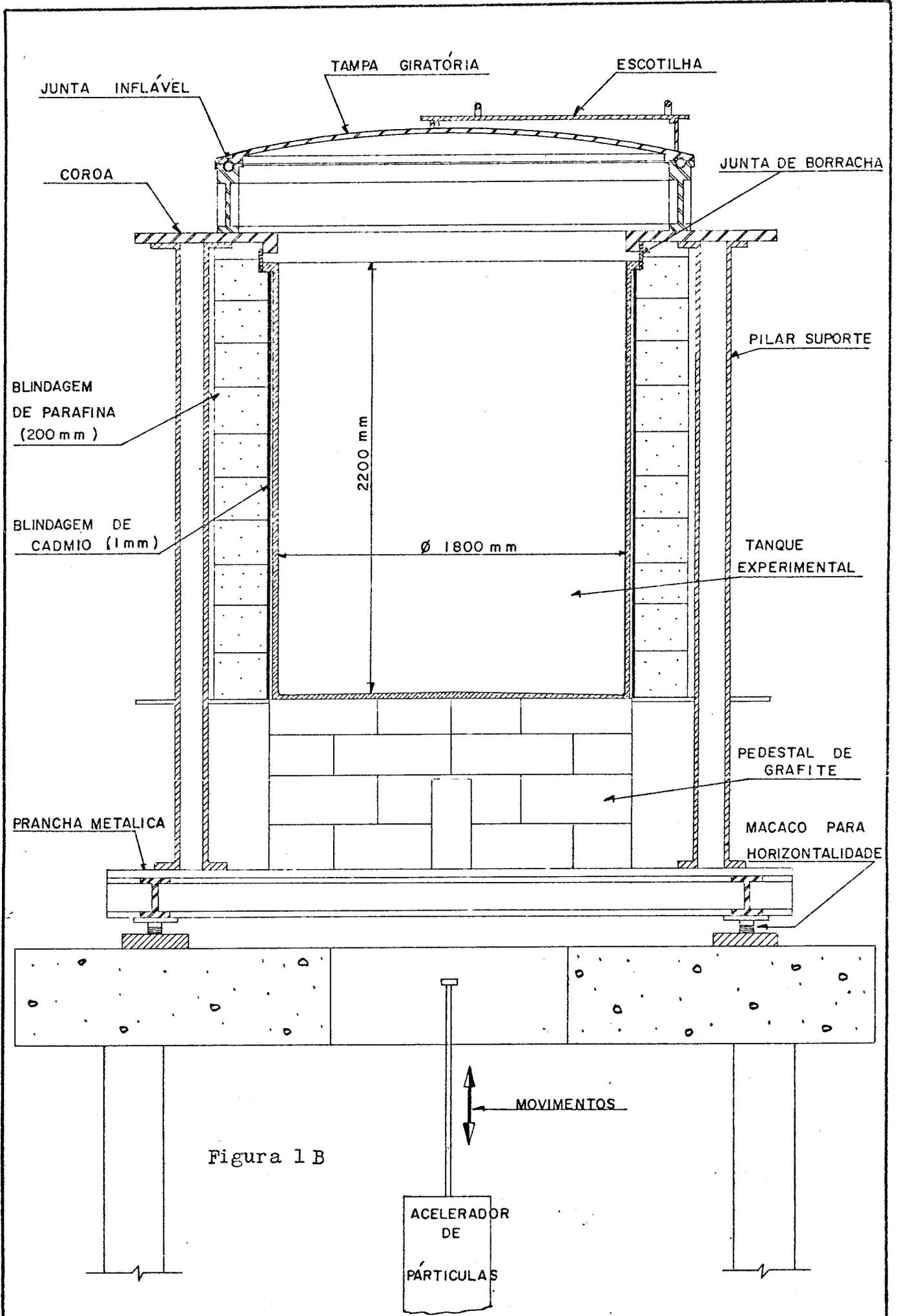


Figura 1 B

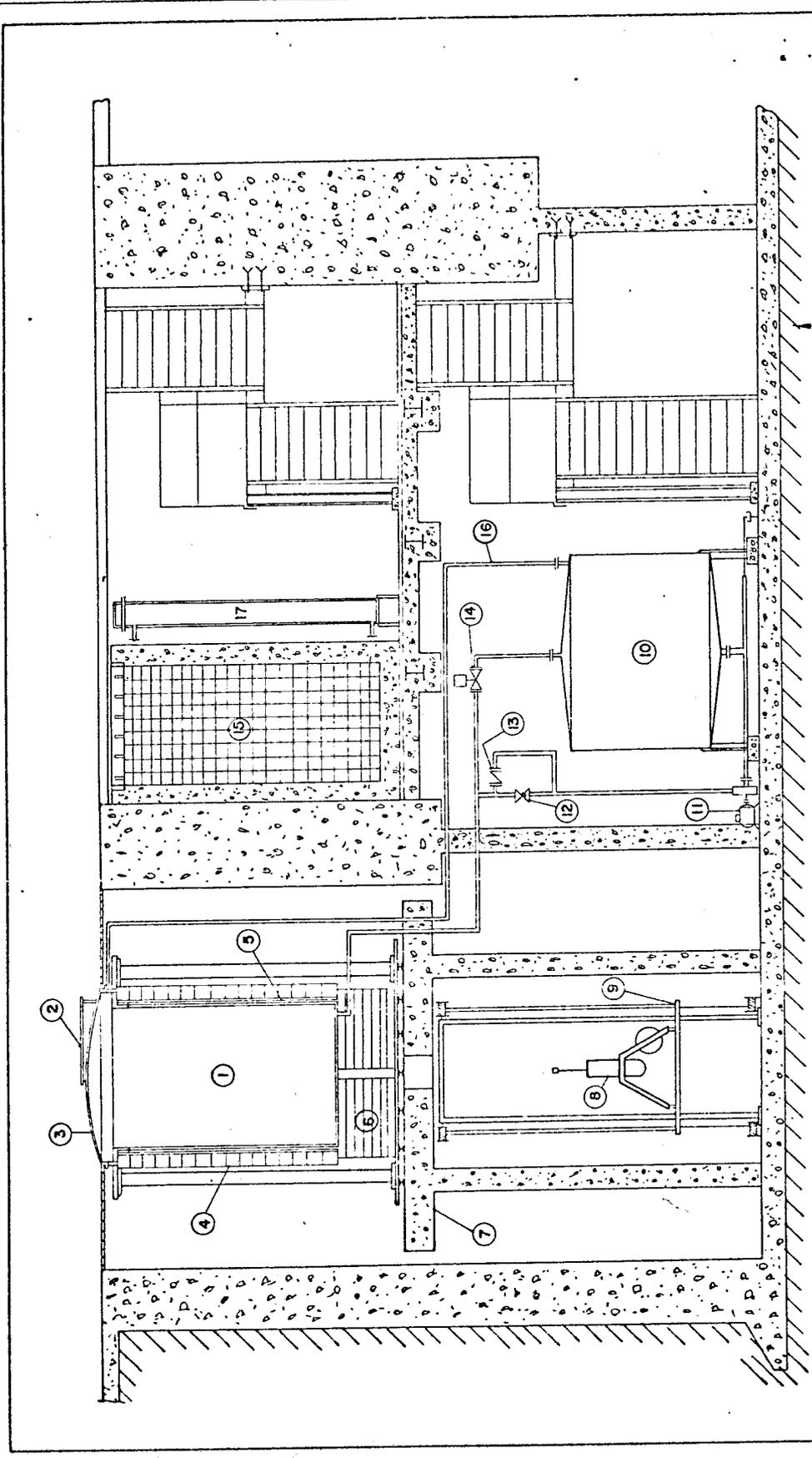


Figura 1C

- 1- TANQUE EXPERIMENTAL
- 2- ESCOTILHA DA TAMPA
- 3- TAMPA DO TANQUE EXP.
- 4- BLINDAGEM DE PARAFINA
- 5- BLINDAGEM DE CÁDMIO (1mm)
- 6- PEDESTAL DE GRAFITA
- 7- MESA DE CONCRETO
- 8- ACELERADOR
- 9- PLATAFORMA MOVEL DO ACELERADOR
- 10- TANQUE RESERVATORIO DE D₂O
- 11- BOMBA DE D₂O
- 12- VÁLVULA DE ESFERA
- 13- VÁLVULA DE RETENÇÃO
- 14- VÁLVULA PNEUMÁTICA
- 15- ESTOCAGEM DE ELEMENTOS COMBUSTIVEIS
- 16- TUBO EQUALIZADOR DE PRESSÃO
- 17- SEÇÃO DE SECAGEM DOS FEIXES COMBUSTIVEIS

CBTN/DTD/IPR/DIV. PROJETOS GNA		AUTORES	
ELEMENTOS BASICOS DA MONTAGEM		DES. CA. ALMEIDA	FOLHA Nº
SUBCRITICA CAPITU CORTE LONGITUDINAL		COP JO RIBEIRO	VISTO
EST.	ESCALA	1:50	I.P.R./R.9/20.235