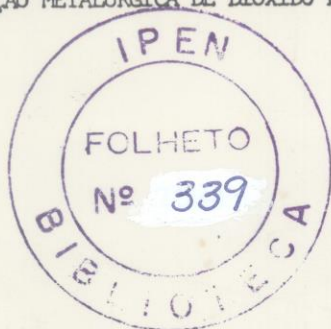


CARACTERIZAÇÃO METALÚRGICA DE DIÓXIDO DE URÂNIO PRODUZIDOS A PARTIR DE DUA E TCAU.



Ana Helena Almeida Bressiani (1)

Lalgudi V. Ramanathan (2)

Clauer Trench de Freitas (3)

Produz-se presentemente no Brasil quantidades apreciáveis de UO_2 a partir de diuranato de amônio (DUA). O material assim obtido apresenta características adequadas para produção em escala industrial de pastilhas de UO_2 para reatores de potência. Todavia, constatou-se que UO_2 procedente do exterior, produzido a partir de tricarbonato de amônio e Urânio (TCAU), tem características de compactabilidade e sinterização sensivelmente superiores ao do material nacional. São apresentados resultados de caracterização metalúrgica para os dois tipos de UO_2 no sentido de identificar os aspectos responsáveis por aquelas diferenças de comportamento metalúrgico. Para tal caracterização dos pós de UO_2 além dos métodos usuais utilizados em Metalurgia de Pó (determinação das áreas específicas pelos métodos BET e Fischer), utilizou-se microscópio eletrônico de transmissão. Observaram-se consideráveis diferenças entre os parâmetros característicos dos dióxidos de urânio produzidos no exterior e no Brasil.

- (1) Mestre em Ciência e Tecnologia - Centro de Metalurgia Nuclear - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - SP.
- (2) Doutor em Engenharia Metalúrgica - Gerente da Área de Combustíveis Nucleares do Centro de Metalurgia Nuclear - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - SP.
- (3) Membro da ABM. Doutor em Engenharia Metalúrgica - Gerente do Centro de Metalurgia Nuclear do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - SP.

I - Introdução

A produção de UO_2 a partir de diuranato de amônio (DUA) tem sido amplamente utilizada, tanto no Brasil como no exterior, com resultados aceitáveis no tocante ao atendimento de especificações internacionais para pastilhas combustíveis feitas com aquele óxido (1,2).

Em 1978 pela primeira vez os laboratórios nucleares brasileiros tiveram acesso a quantidades significativas de UO_2 provenientes de tricarbato de amônio e uranilo (UO_2 -TCAU) produzido por via úmida, no exterior. O processamento desse material no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) (3) permitiu constatar que o mesmo tem consideráveis vantagens sobre aquele correspondente ao dióxido de urânio originado do DUA (UO_2 - DUA). Essa superioridade tornou-se patente sobretudo nas fases de compactação e sinterização das pastilhas de UO_2 , confirmando resultados obtidos na Europa (4), onde se julga ser possível sinterizar industrialmente o UO_2 - TCAU a temperaturas muito abaixo do intervalo usual 1650 - 1750°C.

Por ocasião do recebimento do primeiro lote de UO_2 -TCAU, os laboratórios do IPEN não dispunham do instrumental e literatura necessários para identificar satisfatoriamente os parâmetros característicos do material responsáveis pelo seu excelente comportamento durante a fabricação, particularmente no que concerne a sinterização. Em 1979, com a instalação de instrumento nacional do modelo recente, para medidas de áreas de superfícies específicas (método de adsorção gasosa - BET), bem como o recebimento de um microscópio eletrônico de transmissão de 200 kV, foi possível iniciar no IPEN um programa de caracterização metalúrgica adequado a esse tipo de UO_2 . Os principais problemas com o equipamento previamente disponível eram a baixa confiabilidade do aparelho BET quando operando próximo ao seu limite inferior de detecção (aproximadamente $1 \text{ m}^2/\text{g}$) e a resolução insuficiente do microscópio de varredura (cerca de 20 nm) para estudar

a ultra microestrutura de partículas com poros e irregularidades entre 5 e 10 nm. Observe-se ainda a partir de 1978 apareceram na literatura técnica internacional publicações detalhadas a ponto de esclarecer parcialmente a superioridade do UO_2 -TCAU, principalmente no que se refere a influência da ultra microestrutura (5,6).

A tecnologia de produção de UO_2 apropriado a fabricação industrial de combustível nuclear, desde a década 1950-60, vem passando por uma evolução contínua, no sentido de minimizar custos sem prejuízo do nível de impurezas do material, cujos teores puderam ser diminuídos em alguns casos, como o de Fe (elemento importante no que concerne a queima do UO_2) (7). Com referência a essa evolução do UO_2 para a indústria nuclear, é possível distinguir pelo menos quatro fases. Na primeira abrangendo o início da década dos anos 50, utilizou-se muito o dióxido de urânio denso minado tipo Mallinckrodt, produzido a partir do nitrato de urânio (8). Esse material, que se pode chamar de primeira geração, exige pressões de compactação altas (cerca de 7 t/cm²) e temperaturas de sinterização elevadas, no intervalo de 1700-1750°C. Uma segunda geração corresponde ao UO_2 -DUA, que pode ser compactado a pressões relativamente baixas, entre 1,5 e 3 t/cm², sinterizando satisfatoriamente entre 1650 e 1750°C, durante 2-8 horas; esse pó exige em geral condicionamento especial, como por exemplo adição de aglomerante, para que possa ser compactado em prensas industriais rápidas. É bastante extensa a experiência do IPEL com o UO_2 -DUA produzido no Brasil; para sua compactação sem um condicionamento demasiado elaborado e custoso, aquela instituição construiu uma prensa hidráulica com movimentação independente e regulável das mesas, permitindo a prensagem simultânea de nove pastilhas em igual número de matrizes fluídas.

O UO_2 -TCAU como produzido por via úmida na Europa (9), apresenta excelente compactabilidade a baixas pressões, entre 1 e 3 t/cm², não de-

mandando qualquer condicionamento além de simples secagem. A sinterabilidade é tal que se torna possível alcançar as microestruturas e densidades desejáveis para tempos de residência, nos fornos, entre 1,5 - 2 horas nas temperaturas máximas, no intervalo entre 1500 - 1700°C. Devido a essa indubitável superioridade em relação ao UO_2 -TUA e ao seu desenvolvimento industrial mais recente, parece-nos razoável classificar esse dióxido de urânio como sendo da terceira geração.

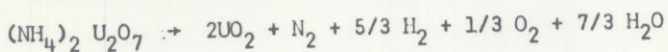
Trabalhos nos últimos quatro anos envolvendo UO_2 produzido pelo processo sol-gel, permitem antecipar o aparecimento de uma quarta geração de óxidos de urânio, com compactabilidade semelhante a do UO_2 -TCAU e comportamento ainda melhor no concernente a sinterização.

Estas considerações levam a conclusão que a tecnologia do UO_2 tem passado por uma contínua evolução, responsável por substanciais melhorias na produtividade dos processos industriais de fabricação de combustíveis destinados a reatores de potência. Os consideráveis investimentos já feitos ou programados no Brasil, neste setor, requerem uma apreciação cuidadosa daquela evolução, no sentido de adaptar as instalações já existentes aos novos processos projetando outras com a flexibilidade necessária para aceitar mudanças apreciáveis no setor de metalurgia de pó.

A caracterização do óxido de urânio mediante determinação de áreas de superfícies específicas por adsorção gasosa (método BET), bem como por intermédio de microscopia eletrônica, permite identificar diferenças fundamentais entre os materiais de diferentes gerações, produzidos ou passíveis de produção no Brasil. Conforme se verá a seguir, dessa caracterização surgem indicações úteis para o aproveitamento de instalações de produção já operacionais, bem como para o projeto de outras novas.

2 - Produção de diuranato de amônio (DUA), do tricarbonato de amônio e uranilo (TCAU) e preparo de UO_2 .

O DUA pode ser obtido por processos de precipitação a partir de nitrato de uranilo ou de fluoretos. Agentes de precipitação frequentemente empregados são o carbonato de amônio, a uréia e o hidróxido de amônio. O diuranato de amônio, a partir de $700^\circ C$, origina UO_2 mediante a reação:



Observe-se que a área da superfície específica e forma dos cristaltos de UO_2 muito depende da escolha dos agentes de precipitação e da temperatura em que se desenvolve a reação acima. É possível diminuir a temperatura de reação reduzindo-se em atmosfera de hidrogênio o DUA; nessa condição, é possível produzir a $500^\circ C$ UO_2 com área de superfície específica da ordem de $5 - 7 \text{ m}^2/\text{g}$. Note-se todavia que esse material pode apresentar piroforicidade.

A seguir descreve-se um procedimento adotado na Europa do tricarbonato de amônio e uranilo, usando como material de partida UF_6 (13).

Fase 1 - Recipiente contendo UF_6 são aquecidos com vapor d'água, sendo o composto vaporizado e transferido para uma segunda fase, de precipitação.

Fase 2 - Em um precipitador, contendo água desmineralizada, introduz-se o UF_6 , mais CO_2 e NH_3 através de um bocal, ocorrendo a seguinte reação:



O tamanho dos monocristais de AUC resultantes depende particularmente da temperatura e do pH.

Fase 3 - A suspensão obtida na fase anterior é bombeada para um filtro a vácuo e sucessivamente lavada com soluções de carbonato de amônio e álcool metílico.

O UO_2 pode então ser obtido do TCAU mediante operações de calcinação e redução realizados em forno de leito fluidizado, a $520^\circ C$, sob atmosfera de hidrogênio e vapor d'água, de acordo com a reação:



Após isso, aumenta-se a temperatura do forno para $650^\circ C$, cortando-se o fluxo de hidrogênio. Diminui-se assim o teor de fluor 60 ppm. Em seguida, se composição igual a estequiométrica é requerida, faz-se um tratamento final em hidrogênio.

3 - Caracterização metalúrgica.

Além de métodos de caracterização usuais em metalurgia do pó, utilizou-se ainda microscópio eletrônico de transmissão. Apresentamos na tabela I os resultados obtidos pelos processos comumente utilizados de permeamtria a ar Fisher e de adsorção gasosa BET, de aplicação rotineira em metalurgia nuclear, ao lado daqueles obtidos por meio de microscópio eletrônico.

Tabela 1 - Diâmetros Médios Equivalentes ϕ , Áreas de superfícies específicas A_E e fatores de rugosidade de UO_2 - DUA e de UO_2 - TCAU.

Material	UO_2 - DUA			UO_2 - TCAU		
	ϕ (μm)	A_E (m^2/g)	F	ϕ (μm)	A_E (m^2/g)	F
Permeamtria a ar	0,92	0,60	7,3	1,66	0,34	25,5
Adsorção gasosa	0,12	4,4	-	0,063	8,7	-
Microscopia eletrônica de transmissão.	0,36	1,8	2,4	0,15	4,3	2,0

O fator de rugosidade foi tomado igual a razão entre A_E determinado por adsorção gasosa e A_E correspondente ao método em consideração.

Os valores de A_E determinados por permeamtria foram obtidos mediante a utilização de um aparelho Fisher modelo 95 ("Sub-Sieve Sizer"), previamente calibrado mediante a passagem de ar por um orifício aberto em uma peça de rubi sintético.

A aplicação do método de adsorção gasosa (BET) foi efetuado por meio do instrumento nacional, do modelo mais recente da Instrumentos Científicos C.G. Ltda, tipo C.G. 2000. A reprodutibilidade de resultados desse aparelho é de 5%, bastante satisfatória quando confrontada com aquelas correspondentes a modelos estrangeiros.

É sabido (8) que o fator de rugosidade F e o tamanho de partícula ϕ (ou ainda A_E) como apresentados na tabela 1, são parâmetros característicos dos pós de UO_2 , no que se refere a sua sinterabilidade. O fator F dá uma idéia sobre irregularidades superficiais, porosidades, não uniformidade de configuração geométrica e rugosidade superficial média. F e ϕ são fortemente influenciados pelo histórico do processamento térmico do DUA e do TCAU, bem como das condições de precipitação, em particular do pH.

Torna-se imprescindível observar que os valores de F e ϕ variam muito em função dos métodos de medidas adotadas, conforme mostra a tabela I. Assim sendo, para a caracterização metalúrgica dos pós UO_2 - DUA e ... UO_2 - TCAU, consideramos em conjunto os resultados obtidos pelos três métodos adotados.

Microscopia eletrônica de varredura, devido a resolução da ordem de 10 - 20 nm, não é adequado para avaliar devidamente a ultra-microestrutura e a distribuição de tamanhos de partículas, muitas das quais são inferiores a 10 nm. Nessa situação, é recomendável a aplicação de microscopia eletrônica de transmissão, o que já foi feito anteriormente no IPEN, para outros tipos de UO_2 (14)

O presente estudo dos pós de dióxido de urânio foi feito em microscópio eletrônico de transmissão da Jeol, com tensão aceleradora de 200 KV.

As amostras foram obtidas a partir de diversas soluções: água, álcool e benzina, não tendo sido notadas diferenças, passando-se assim a usar água como solvente, a concentração utilizada foi de 1 g/100 ml. A solução é colocada em ultra-som por 5 minutos, para haver a quebra de aglomerados, possibilitando melhor observação das partículas, após o que é posta em grades de cobre para microscópio recobertas de filme plástico (Colodim); após a secagem da água, as amostras são recobertas com carbono.

O UO_2 foi obtido, em cadinho de inonel, a partir de diurnato de amilo (DUA) calcinado a $750^\circ C$ por 3 horas, em ar, e posteriormente reduzido por 30 min, a $750^\circ C$, em atmosfera de hidrogênio. O UO_2 - TCAU foi produzido como descrito no item 2.

A partir das micrografias das figuras A, B, C e D pode-se observar que o tamanho médio das partículas de UO_2 - DUA é maior que o do UO_2 - TCAU, e que as partículas deste último material possuem formato mais tendente a cúbico, com arestas bem visíveis. Observam-se ainda nos cristallitos de UO_2 - TCAU porosidades entre 6 e 10 nm de diâmetro com uma concentração de aproximadamente 1490 poros por μm^2 .

Foram obtidos dos histogramas mostrados na figura E os valores médios do diâmetro dos dois pós (UO_2 - DUA e UO_2 - TCAU) encontrando-se

$$d(UO_2 - DUA) = 35,8 \times 10^{-2} \mu \quad \sigma = 10,4 \times 10^{-2} \mu$$

$$d(UO_2 - TCAU) = 14,7 \times 10^{-2} \mu \quad \sigma = 6,1 \times 10^{-2} \mu$$

As áreas específicas correspondentes, obtidos a partir de curvas traçadas sobre os histogramas são

$$A_e(UO_2 - DUA) = 1,76 \text{ m}^2/\text{g}$$

$$A_e(UO_2 - TCAU) = 4,30 \text{ m}^2/\text{g}, \text{ conforme consta da tabela I.}$$

Com algumas hipóteses simplificatórias, é possível determinar o fator de rugosidade exclusivamente a partir das micrografias obtidas por microscopia eletrônica de transmissão, para o UO_2 - TCAU.

Com efeito, os poros nos cristalitos do UO_2 - TCAU tem diâmetros ϕ_s variando entre 50 e 100 nm, com concentração de 1490 poros por μm^2 . Admitindo-se que:

- as partículas do pó sejam cúbicas com diagonal $\langle 1,1,1 \rangle$ com a dimensão dada na tabela 1, igual a $0,15 \mu m$;
- os poros nas faces opostas do cubo acima considerado sejam as extremidades de poros cilíndricos perpendiculares a tais faces, com comprimentos iguais a aresta do cubo e diâmetro $\phi = 8 \times 10^{-3} \mu m$.

Sendo D a diagonal $\langle 1,1,1 \rangle$ do cubo, é simples demonstrar que o fator de rugosidade F pode ser determinado a partir da relação:

$$F = 1 + 745 \pi \left(\frac{D}{3} - \frac{\phi}{2} \right)$$

Usando os valores acima para D e ϕ encontra-se $F = 2,5$, em boa concordância com o valor $F = 2,0$, apresentado na tabela 1. Pode-se daí concluir que o fator de rugosidade do UO_2 - TCAU é explicável pela elevada porosidade de seus cristalitos. Essa porosidade está ausente nos cristalitos mostrados nas micrografias das figuras c) e d), correspondentes ao UO_2 - DUA.

Ensaio de escoabilidade, compactação e sinterabilidade são essenciais para uma adequada caracterização metalúrgica de pós de UO_2 . Todavia os resultados correspondentes são fortemente afetados pelo condicionamento prévio do UO_2 . Assim é possível obter a mesma escoabilidade tanto para o UO_2 - DUA como para o UO_2 - TCAU, mediante pré-compactação do primeiro sob pressões de 1 t.cm^{-2} . Dessa forma ainda é possível ter compactabilidade semelhante para os dois materiais, bem como sinterabilidade semelhante.

A superioridade do UO_2 - TCAU reside principalmente no fato de que, sem qualquer condicionamento prévio, a escoabilidade, compactabilidade e sinterabilidade são da mesma ordem que para o UO_2 - DUA condicionado. Por conseguinte, os custos de processamento industrial podem ser sensivelmente inferiores ao do UO_2 - DUA.

Observe-se ainda que os três ensaios mencionados acima são de difícil interpretação, no que se refere a obtenção de esclarecimentos úteis para a modificação dos processos presentemente utilizados no IPEN, para obtenção de material com comportamento semelhante ao UO_2 - TCAU. Isso pode ser feito com relativa simplicidade em função dos métodos e resultados apresentados na tabela I.

4 - Discussão e Conclusões

De acordo com Assmann (4), a porosidade dos cristalitos é um importante parâmetro característico do pó, no que se refere ao seu comportamento durante processamento. Conforme apresentado no item anterior, o UO_2 - DUA não apresenta poros em seus cristalitos, ao passo que no UO_2 - TCAU a concentração de 1490 poros por μm^2 é suficiente para justificar o elevado fator de rugosidade. Assim sendo, considerados também os resultados de A_E apresentados na tabela I, é possível atribuir a superior sinterabilidade do UO_2 - TCAU a considerável presença de poros nos cristalitos, bem como a sua mais elevada área de superfície específica.

Note-se que, considerado o fator de rugosidade $F = 2,5$, determinado exclusivamente a partir de micrografias eletrônicas de transmissão com aumento de 100 000 x, os valores das áreas de superfície diferem apenas cerca de 25%, quando derivados para o UO_2 - TCAU mediante os métodos BET e microscópico (MET).

A formação de porosidades nos cristalitos do UO_2 - TCAU pode ser explicada pelas condições particulares de decomposição do TCAU, envolvendo rápida ejeção de gases dos cristalitos na fase 3 do processo descrito no

item 2 deste trabalho. A introdução desta fase na produção de UO_2 do IPEN é razoavelmente simples, implicando na fabricação de um forno nacional de leito fluidizado, para operação a $520^{\circ}C$ em atmosfera de hidrogênio. Todavia, a produção do TCAU adequado demanda ainda a implantação de um processamento químico como descrito na fase 2 do item 2 deste trabalho, em que UF_6 é matéria prima indispensável. Há possibilidade de que os laboratórios de química do IPEN venham a produzir as quantidades necessárias de UF_6 em futuro: próximo (3 - 4 anos).

A excelente compactabilidade do UO_2 - TCAU pode ser atribuído a morfologia de suas partículas, apresentando faces planas e arestas bem de finidas. Esse caráter de geometria cristalina não é observável nas micrografias c) e d), correspondentes ao UO_2 - DUA, que apresentam partículas arredondadas, de aparência amorfa. Durante a compactação, a destruição parcial das partículas cristalinas do UO_2 - TCAU origina fragmentos com arestas vivas que travariam a estrutura resultante, originado compactados bastante coesos, ainda que sem qualquer aglomerante. Essa cristalinidade do UO_2 - TCAU pode justificar sua superior escoabilidade, pela maior dificuldade de espontaneamente formar aglomerados grosseiros, frequentemente observável no UO_2 - TCAU DUA

Dessas considerações, as seguintes conclusões podem ser apresentadas.

1) A superior sinterabilidade do UO_2 - TCAU relativamente ao UO_2 - DUA se deve substancialmente a elevada concentração de porosidades nos cristalitos, da ordem de 1490 poros / μm^2 . Com 100 000 x de aumento, tais porosidades não são observáveis em partículas de UO_2 - DUA.

2) A área de superfície específica, determinada pelo processo BET, é de $8,7 m^2/g$ para o UO_2 - TCAU e $4,4 m^2/g$ para o UO_2 - DUA. Note-se que o calor superior correspondente ao UO_2 - TCAU se deve, em grande parte, a presença de porosidades nos cristalitos do material.

3) É possível determinar, com base exclusivamente nas microgra-

fias eletrônicas de transmissão, determinar o fator de rugosidade para o UO_2 - TCAU. Seu valor difere de apenas 25% relativo aquele determinado usando também o método BET.

4) As superioridades de escoabilidade e compactabilidade do UO_2 - TCAU, relativamente ao UO_2 - DUA, podem ser atribuídas a morfologia das partículas do primeiro. Nas micrografias eletrônicas tais partículas tem muitas faces planas e arestas bem definidas, dando uma geometria cristalina ao material. As partículas do UO_2 - DUA são arredondadas, mais propensas a aglomeração espontânea e pouca coesão, quando compactadas sem aglomerante.

5) A aplicação do método Fisher é desaconselhável para o UO_2 - TCAU e UO_2 - DUA devido ao fato do diâmetro médio das partículas - estar muito próximo ao limite de sensibilidade do instrumental.

6) A adaptação das instalações existentes no IPEN para a produção de óxido de urânio com as características do UO_2 - TCAU é razoavelmente simples e pouco dispendiosa face ao que já foi investido nessa área, mas demanda o uso de UF_6 como matéria prima. UF_6 nacional, produzido no IPEN, deverá estar disponível em três ou quatro anos.

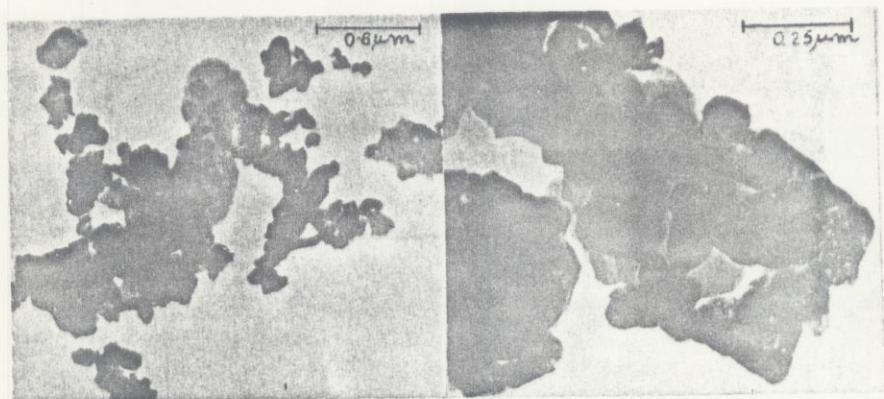
BIBLIOGRAFIA

- 1 - FREITAS, C.T. - Sinterização de Urânio em Atmosfera Redutora. Cerâmica V. 19, nº 72, p. 630/38, 1972.
69 67 79
- 2 - SOUZA SANTOS, T.D.; FREITAS, C.T.; HAYDT, H.M.; GENTILE, E.F.; AMBRÓZIO, F., F. - Características estruturais de pastilhas retificadas de UO_2 para reatores nucleares. - Metalurgia - ABM v. 29, nº 182, p. 45/51, 1973.
- 3 - RELATÓRIO IPEN-CMN - 2/78 - Características de pastilhas de UO_2 para o programa de irradiação IEA-Nuclebrás-KWU-KFA-Julich, 3/73.
- 4 - ASSMANN, H., STEHLE, H. - Oxide Fuel for Light Water Reactors - A Standardized Industrial Product. Trabalho apresentado no "4th International Meeting on Modern Ceramics Technologies", 28-31 de Maio, Saint-Vincent, Italia.
- 5 - ASSMANN, H., BECKER, M. - Technology of UO_2 Fuel Fabrication by the AUC Powder Process. Trabalho apresentado a "European Nuclear Conference" - 6 - 11 de Maio de 1979, Hamburgo (a ser publicado).
- 6 - DÖRR, W., BRANDAU, E. - Characteristics of UO_2 Powder and Pellets for LWR Fuel. Trabalho apresentado a "European Nuclear Conference" - 6-11 de Maio de 1979, Hamburgo (a ser publicado).
- 7 - FREITAS, C.T., BRAGA, F., PAULIN FILHO, P.I. - Controle de Qualidade de pastilhas de UO_2 - Trabalho apresentado no "Regional Meeting on Quality Control of Nuclear Fuel" - 18-23 de Novembro de 1979, Buenos Aires.
- 8 - BELLE, J. - Uranium Dioxide: Properties and Nuclear Applications. USAEC, Washington, 1961
- 9 - DÖRR, W., ASSMANN, H. - Sintering of UO_2 at Low Temperactures. Trabalho apresentado ao "4th International Meeting on Modern Ceramics Technologies", 28 de Maio - 1 de Junho de 1979, Saint-Vincent, Itália (a ser publicado).
- 10 -Relatório IPEN-CMN - 12/79 (P.I. Paulin Filho) - Fabricação e Caracterização de UO_2 . Dezembro de 1979.

- 11 - FREITAS, C.T. - Uranium Dioxide Sintering Mechanisms and Kinetics under Controlled Oxygen Potential. Tese de Doutorado, Universidade de Illinois, Urbana, Illinois, EUA, 1977.
- 12 - Comunicação verbal a FREITAS, C.T., por LEUSACKER J. e VOREIER, M. em 14.11.79.
- 13 - ASSMANN, H., BECKER, M. - Technology of UO_2 Fuel Fabrication by the AUC Powder Process. Trans. Am. Nucl. - Soc. - 31, p. 147/48, 1979.
- 14 - BUENO, R.P.A., PIMENTEL, C.A., NISHIOKA, I. - Microscopia Eletrônica de Pós de UO_2 , Metalurgia - ABM, v. 27, nº 162, p. 331/40, 1971.

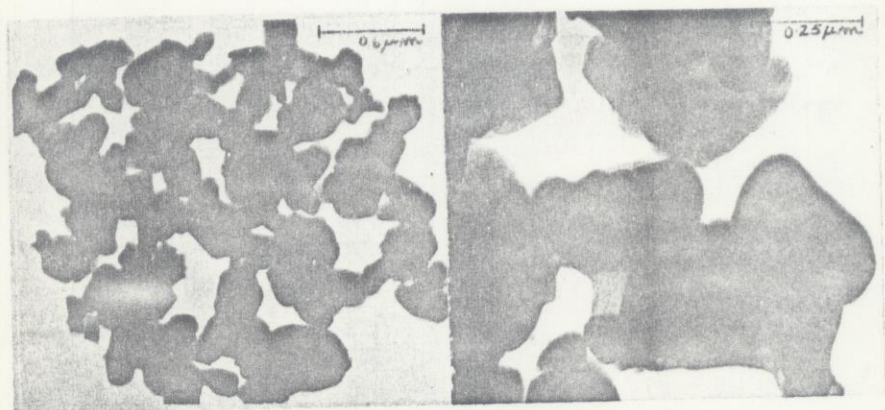
ABSTRACT

The production of UO_2 from ammonium diuranate has been quite appreciable in Brazil. The material obtained in this way presents adequate characteristics for the industrial production of UO_2 pellets to be used in power reactors. However, it was found that UO_2 originated abroad, produced from ammonium uranyl tricarbonate, has pressing and sintering characteristics significantly superior to those of the Brazilian material. Metallurgical characterization is presented for both types of UO_2 , in order to identify the aspects responsible for those metallurgical behaviour differences. For such UO_2 powder characterization, besides the usual methods of powder metallurgy (surface area determination by the BET and Fisher methods), transmission electron microscopy was also used. The characteristic parameters of the Brazilian and foreign uranium dioxide powders were found to differ considerably.



(a)

(b)

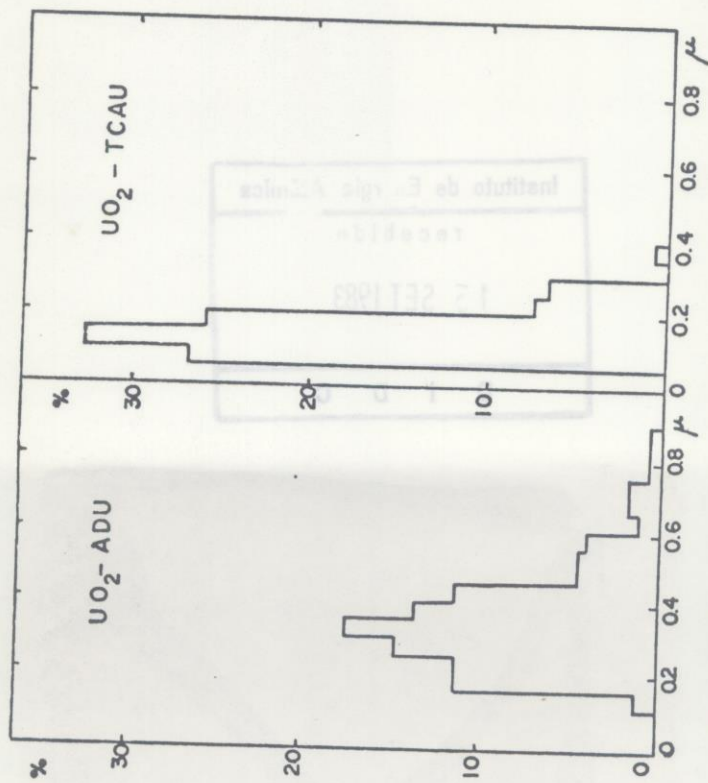


(c)

(d)

Figuras (a), (b) - Micrografias eletrônicas de pó de UO_2 - TCAU.

Figuras (c), (d) - Micrografias eletrônicas de pó de UO_2 -ADU.



FIG(e) - DISTRIBUIÇÃO DE TAMANHO DE PARTÍCULAS OBTIDA A PARTIR DE MICROGRAFIAS ELETRÔNICAS.