

# REFORMULAÇÃO DAS CÉLULAS QUENTES, REVISÃO DOS PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS E TRANSFERÊNCIA DOS REJEITOS LÍQUIDOS DA CELESTE I

Ruth L. Camilo, Victor H. Cohen, Paulo Ernesto O. Lainetti, Maria Cláudia F. C. Felinto,  
Christina A. L. G. O. Forbicini e Sérgio Forbicini

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN-CNEN/SP  
Caixa Postal 11049  
38169339, São Paulo, Brasil

## RESUMO

Ao longo das últimas décadas, o IPEN realizou uma série de pesquisas com vistas ao domínio do ciclo do combustível nuclear. Dentre as pesquisas realizadas, destacaram-se estudos cujo objetivo era a recuperação do urânio e do plutônio do combustível nuclear irradiado no reator. Inicialmente realizaram-se diversos experimentos de bancada e, posteriormente, após a definição dos principais parâmetros, o processo foi desenvolvido em células com proteção biológica (Células Quentes). Após vários anos de operação e introdução de uma série de modificações nas Caixas de Luvas e nas Células Quentes, houve necessidade de revisar e atualizar todos os procedimentos operacionais. Apesar das severas restrições orçamentárias, a revisão dos procedimentos e a verificação da operacionalidade de diversos componentes da instalação permitiram a reciclagem dos operadores e a preservação dos conhecimentos adquiridos. Na transferência dos resíduos líquidos contendo U e Pu, adaptaram-se algumas das operações usuais do processo para o seu acondicionamento de forma segura. Este trabalho apresenta um breve histórico das atividades, assim como uma revisão dos procedimentos e das operações com resíduos.

**Palavras-chave:** U, Pu, Células Quentes, material salvaguardado, estocagem.

## I. INTRODUÇÃO

Durante as décadas de 70 e 80, as pesquisas realizadas no IPEN tinham o objetivo de dominar o ciclo do combustível. Nesta época, a antiga divisão de Reprocessamento, atual MQT, tinha como objetivo o estudo de processos de recuperação do urânio e do plutônio do combustível nuclear irradiado. Os primeiros estudos foram realizados em bancada ("mock-up"), trabalhando-se inicialmente apenas com soluções de urânio, estudando-se a seguir a influência de alguns produtos de fissão com o uso de traçadores e carregadores e após a definição desses parâmetros, o processo foi realizado nas Células Quentes (CQ1 e CQ2) da Instalação CELESTE I (Figura 1). Estas atividades iniciais foram denominadas operações ou campanhas a frio (CAF) e foram seguidas de operações (campanhas) com traçadores (CCT), operações com a adição de plutônio (PLUTO) e finalmente as operações com plutônio e traçadores (CURI). Além destas operações que envolveram todos os servidores da supervisão, foram realizados estudos individuais que geraram teses de mestrado e doutorado. Todas estas operações geraram produtos que foram armazenados provisoriamente (frascos

de Nalgene e vidro) em duas caixas de luvas (Figura 1) para uma futura purificação (ciclos adicionais) e reutilização, além de permitir a obtenção de informações sobre as deficiências e necessidades operacionais da Instalação. Estas informações obtidas levaram ao planejamento e uma reformulação das caixas de luvas [1] e das Células Quentes para substituição de alguns equipamentos (misturadores-decantadores, estação de amostras, colunas de absorção de gases, disco da serra de corte, etc.), introdução de novos equipamentos e materiais (ponte rolante, base dos misturadores-decantadores, etc.). Esta operação foi denominada de Intervenção [2,3] e iniciou-se com uma etapa de descontaminação com o auxílio dos telemanipuladores, prosseguindo com a construção da Câmara ou Célula de Intervenção (Figura 1) e o início das operações de intervenção direta, primeiro com o intuito de continuar a descontaminação e posteriormente iniciando as reformulações necessárias. Contudo, estas operações não foram concluídas, uma vez que, com a mudança de prioridades da Instituição, os recursos tornaram-se escassos. Este quadro perdura até hoje, porém com a agravante que o estoque provisório dos produtos gerados tornou-se permanente, havendo a necessidade urgente de

uma medida corretiva, sob pena de ocorrer um acidente (vazamento) por deterioração dos frascos de estocagem.

manutenção preventiva e corretiva no sistema de ventilação, aquisição de equipamentos analíticos e

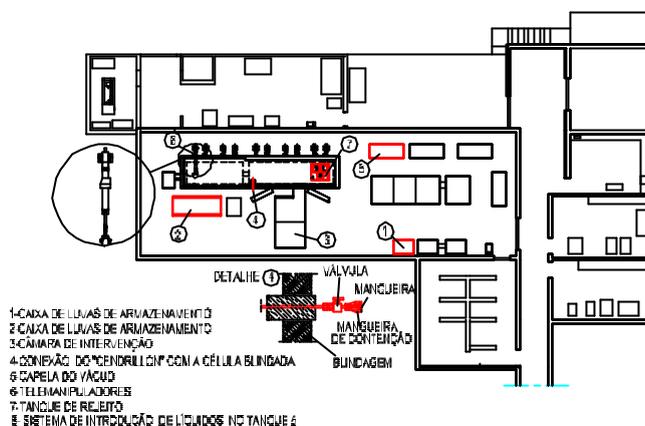


Fig. 1 - Instalação Celeste I

O número total de frascos nas duas caixas de luvas era de 52 frascos de vidro de 1L, 2 frascos de vidro de 2L e 6 frascos de Nalgene de 2L, perfazendo um volume total máximo de 70L. As massas totais estimadas nos tanques, após o final da operação de transferência, constam da Tabela 1.

Tabela 1. Massas de U e Pu estimadas nos tanques de rejeito

	V <sub>antes</sub> (L)	V <sub>teste</sub> (L)	V <sub>depois</sub> (L)	m U (g)	m Pu (g)	V <sub>lido</sub> (L)
T 1	26,4	5,8	24,8	55,44	0,063	57
T 2	0	0	18,63	441	2,52	19
T 3	1,5	0	31,94	0	1,25	32
T 4	0	0	0	0	0	0

## II. OPÇÕES PARA A DISPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS

Entre as possíveis medidas corretivas, as principais foram:

- Troca dos frascos de contenção;
- Tratamento químico em caixa de luvas;
- Transferência do material para um local seguro.

A opção número 1 seria a mais barata, porém ela só adiaria o problema uma vez que o material continuaria armazenado de maneira incorreta e dentro de alguns anos haveria novamente a necessidade de realizar outra troca.

A opção número 2 tecnicamente seria a mais correta, porém envolveria custos elevados, maior número de participantes, maior tempo despendido, maior volume de rejeitos gerado, além de ser a que exporia os operadores ao maior risco. Esta opção envolveria a necessidade de continuar a reformulação da Instalação (montagem dos processos de tratamento químico em caixa de luvas,

remontagem dos laboratórios e caixas de luvas), escolhendo o processo mais apropriado para tratar cada frasco contendo plutônio, realizando o controle analítico destes processos e treinando operadores para executar estas operações.

A opção número 3 surgiu como uma alternativa intermediária, uma vez que não recupera o material, porém busca uma maneira segura de estocá-lo por um tempo indeterminado, ou até que haja uma decisão institucional de tratar os resíduos existentes. Esta opção também envolveu custos, uma vez que independentemente do local escolhido para estocagem houve a necessidade de adquirir alguns equipamentos que se encontravam danificados para a execução das transferências a vácuo, manutenção do sistema de ventilação, aquisição de EPI's, materiais e reagentes usados em descontaminação. Na escolha do local de estocagem levou-se em consideração a possibilidade de agrupar da melhor maneira os diferentes frascos de amostras, além de permitir uma monitoração e controle seguro do local.

Na escolha do caminho a seguir, levou-se em consideração o fato de tratar-se de material salvaguardado, portanto, a decisão a ser tomada deveria ser submetida à apreciação do Serviço de Salvaguarda do IPEN.

Após uma exaustiva discussão técnica e econômica entre pesquisadores da MQT e da Proteção Radiológica, a opção escolhida foi a número 3, o local foram os tanques de rejeitos (Figura 2) da Instalação CELESTE I e o ponto de transferência das soluções, a conexão do "Cendrillon" com a célula blindada.

## III. PLANO DE AÇÃO/ATIVIDADES

Com base na escolha, elaborou-se um plano de ação para a realização da transferência das soluções contendo plutônio.

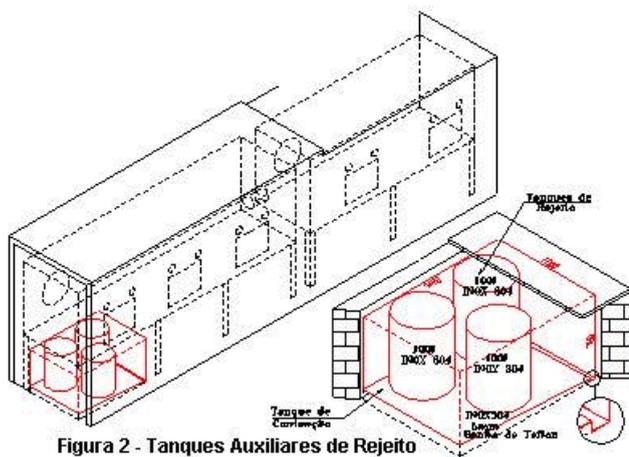


Figura 2 - Tanques Auxiliares de Rejeito

Figura 3. Capela do sistema de vácuo

- . Manutenção dos medidores de nível dos tanques de rejeito;
- . Manutenção do sistema de ar comprimido;
- . Verificação do painel de controle da primeira janela;
- . Instalação de uma válvula de aço-inoxidável na tubulação de entrada do "Cendrillon" (Figura 4).



Figura 4. Válvula de entrada dos rejeitos salvaguardados na Célula Quente

Este plano foi dividido em cinco fases:

- . Remontagem e manutenção dos setores da CELESTE I necessários para a operação de transferência;
- . Organização da operação de transferência;
- . Montagem das caixas de luvas contendo as soluções de plutônio;
- . Testes de transferência usando água ou ácido nítrico;
- . Operação de transferência.

A etapa de remontagem e manutenção foi constituída de uma série de tarefas assim distribuídas:

- . Remontagem da capela de vácuo (Figura 3);
- . Colocação dos telemanipuladores;

Esta operação foi realizada seguindo-se o Manual de Operação da CELESTE I.

A organização das etapas de transferência foi realizada através de reuniões periódicas entre os operadores da Instalação e da Proteção Radiológica, gerando uma série de Atas. Além das atas, revisou-se o Manual de Operação da Instalação CELESTE I, elaboraram-se manuais de transferência, de segurança, de deslocamento da C.L.R. e acoplamento das C.L.R. e C.L.Pu, de amostragem dos resíduos para a Salvaguardas e de procedimento para estocagem da solução de nitrato de plutônio no cofre.

A montagem do sistema de transferência (Figuras 5 e 6) foi realizada na Caixa de Luvas do Plutônio (C.L.Pu). O procedimento adotado para a transferência das soluções salvaguardas teve por finalidade, medir o volume da solução a ser transferida e identificar as fases (aquosa ou orgânica) de modo a efetuar a contabilidade do material transferido. A montagem foi composta de 4 frascos:

- . F1 – frasco contendo rejeito a ser transferido;
- . F2 – frasco para identificação, medição de volume e separação das fases;
- . F3 – frasco de espera da fase aquosa;
- . F4 – frasco de espera da fase orgânica.





Figura 5. Sistema de transferência dos rejeitos na C.L.

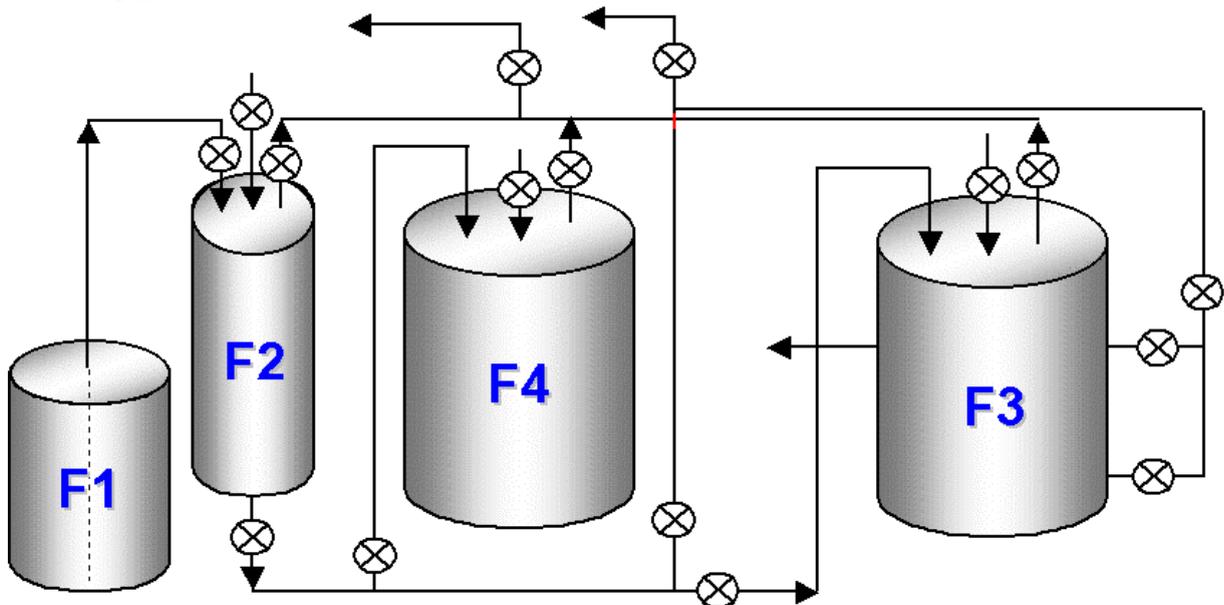


Figura 6. Esquema da montagem para medição e transferência de rejeitos da C. L. Pu

3000mL de ácido nítrico 0,1M para o Tanque de Rejeitos nº 1 (T1), seguindo-se o manual de operação.

Após um consenso entre os operadores sobre a necessidade de contabilizar todas as soluções a serem transferidas para os tanques auxiliares de rejeito, estabeleceu-se que as soluções salvaguardadas contendo urânio e plutônio seriam transferidas para o tanque nº 2 (T2); as soluções contendo apenas plutônio seriam transferidas para o tanque nº 3 (T3) e as soluções não salvaguardadas seriam transferidas para o tanque nº 1 (T1).

A operação de transferência foi realizada no período de 10/05/99 a 13/05/99, com a formação de dois grupos de trabalho. O pessoal envolvido era composto de 02 coordenadores e 10 operadores, totalizando 12 participantes pela Instalação e 01 coordenador e 03 operadores, totalizando 04 participantes pela Proteção Radiológica. Transferiram-se, entre soluções salvaguardadas, não salvaguardadas e de lavagem, aproximadamente 74L. A solução estoque contendo a maior parte da massa de plutônio foi acondicionada e transferida para o cofre de materiais radioativos da Divisão, segundo as normas de proteção radiológica.

Inicialmente retirou-se todo o material em excesso pelo sistema "bag-in/bag-out" trocaram-se as luvas, realizou-se uma descontaminação, montou-se o sistema de transferência, transferiu-se a Caixa de Luvas do Rejeito (C.L.R) para ser acoplada a C.L.Pu.

Para a realização dos testes do sistema de transferência, inicialmente transferiu-se o volume da solução contido no tanque 5 (T5) que era de aproximadamente 2800mL para o Tanque de Rejeitos nº 1 (T1), sendo em seguida realizada a operação de teste com a transferência de

#### IV. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

A operação começou a ser planejada em meados de 1998, sendo concluída em maio de 1999. Este longo período deveu-se ao estado de deterioração em que se encontrava a Instalação CELESTE I, já que há anos não sofria uma manutenção, além de encontrar-se sem alguns de seus componentes, utilizados para outras finalidades. Outro fator que influenciou no longo tempo utilizado entre o início do planejamento e a execução foi o alto grau de risco envolvido na operação, o que determinou um planejamento de todas as situações de risco possíveis.

A operação de transferência foi realizada em quatro dias e transcorreu dentro da normalidade. Confirmou-se a necessidade da operação, pois durante a transferência verificou-se o estado de deterioração de um dos frascos de Nalgene, como pode ser visto na Figura 7.



Figura 7. Frasco de Nalgene deteriorado pelo armazenamento de soluções altamente reativas e pelo longo tempo de uso ( $\approx$  15 anos).

**Primeiro Dia de Operação.** A operação teve início no dia 10/05/99 com a participação de oito trabalhadores da Instalação e 2 trabalhadores da proteção radiológica. Neste dia transferiram-se todas as soluções que iriam para o T1 e iniciaram-se as transferências para o T2. Durante a abertura de um frasco de Nalgene, este apresentou várias rachaduras e fissuras, vazando solução para o saco plástico de contenção, o material foi recolhido por vácuo e a solução enviada ao tanque de destino. O número total de frascos transferidos foi de 16 frascos e o volume total de 26,82 L.

**Segundo Dia de Operação.** No segundo dia (11/05/99) a operação contou com a participação de 11 trabalhadores da Instalação e 2 trabalhadores da proteção radiológica. Neste dia transferiram-se as soluções restantes que iriam para o T2 e iniciaram-se as transferências para o T3. Durante uma transferência do T5 para o T3, verificou-se que a vazão tornou-se muito lenta. Decidiu-se efetuar uma transferência inversa, do T3 para o T5, que foi bem sucedida, demonstrando que o problema era provocado por um entupimento na tubulação do T5. O número total de frascos transferidos foi de 29 frascos e o volume total de 31,36 L.

**Terceiro Dia de Operação.** No terceiro dia (12/05/99) a operação contou com a participação de oito trabalhadores da Instalação e 2 trabalhadores da proteção radiológica. Neste dia transferiram-se todas as soluções contidas nos 15 últimos frascos e lavaram-se as linhas com ácido nítrico. O número total de frascos transferidos foi de 15 frascos e o volume total de 16,47 L.

**Quarto Dia de Operação.** No quarto dia (13/05/99) a operação contou com a participação de oito trabalhadores da Instalação e 2 trabalhadores da proteção radiológica. Neste dia transferiu-se a solução estoque de Pu do frasco original para o frasco de estocagem (Figuras 8 e 9), segundo as condições anteriormente discutidas com o pessoal da

Proteção Radiológica e da Salvaguardas. A embalagem final selada e identificada foi transportada até o “cofre de estocagem” (Figura 10) pelo chefe da supervisão do MQT e o supervisor da proteção radiológica.



Figura 8. Contenção de segurança radiológica da solução estoque de plutônio.



Figura 9. Vista superior da contenção de segurança da solução estoque de plutônio.



Figura 10. Contenção de segurança física da solução estoque de plutônio.

O sistema de transferência não foi desmontado, exceto as mangueiras, já que há a possibilidade de vir a ser utilizado para armazenar outros rejeitos salvaguardados que

contenham plutônio e/ou urânio em soluções nítricas ou orgânicas de TBP/n-dodecano. Para que esta operação possa ser concretizada, há a necessidade de se ter um inventário dos resíduos a serem transferidos, pois como os tanques de rejeito são de aço-inoxidável, não é conveniente que sejam armazenados rejeitos: clorídricos e sulfúricos sob risco de causarem corrosão aos Tanques de Rejeitos da Instalação.

Cabe ressaltar que esta operação de transferência não foi uma medida definitiva e sim preventiva para evitar um acidente com a possibilidade de derramamento de um grande volume de solução contendo plutônio, o que certamente colocaria em risco a integridade física dos pesquisadores da área, além da repercussão negativa que um acidente como este poderia causar.

Convém frisar, que houve um esforço considerável no sentido de executar as manutenções possíveis na instalação, às vezes com improvisações, sem perder de

vista o aspecto segurança [4]. Houve também uma preocupação com o registro (memória técnica) de todas as operações e a revisão e atualização dos procedimentos necessários para a execução das operações planejadas.

A segurança dos resíduos armazenados no tanque auxiliar de rejeitos e que contém as soluções salvaguardadas de U e Pu, tanto em fase aquosa (nítrica) como em fase orgânica (TBP/n-dodecano), é realizada através da medida mensal do nível dos tanques. Este procedimento será realizado até que o Departamento de Rejeitos do IPEN possa receber os resíduos como rejeitos líquidos ou que haja uma decisão por parte da Direção da CNEN em alocar recursos necessários para o desenvolvimento de processos que venham a separar e purificar os produtos urânio e plutônio.

## REFERÊNCIAS

[1] CAMILO, R. L.; COHEN, V. H.; KUADA, T. A.; LOBÃO, A. S. T. **“Sistemas de lavagem e concentração das soluções provenientes do processo PUREX em caixas de luvas”** VI Congresso Geral de Energia Nuclear, Rio de Janeiro, 27-31 Out., 1996.

[2] ARAUJO, J.A.; ARAUJO, B.F.; MATSUDA, H.T.; LOBÃO, A.S. T.; COHEN, V.H.; CARVALHO, E.I.; CAMILO, R.L.; YAMAURA, M.; KUADA, T.A.; ARAUJO, I.C.; FORBICINI, S. **“Descontaminação e intervenção nas células quentes Celeste I no IPEN-CNEN/SP”** Anais do 4º Congresso Geral de Energia Nuclear, 1º vol., p. 257-259 Rio de Janeiro, julho de 1992

[3] ARAÚJO, J. A.; ARAÚJO, B. F.; MATSUDA, H. T.; LOBÃO, A. S. T.; COHEN, V. H.; CAMILO, R.L.; YAMAURA, M.; KUADA, T. A.; FORBICINI, S.; FORBICINI, C. A. L. G. O. **“Descontaminação e readaptação da Instalação CELESTE I do IPEN/CNEN-SP”** Anais do VI

Congresso Geral de Energia Nuclear, Rio de Janeiro, 27-31 Out., 1996.

[4] CARVALHO, E.I.; LOBÃO, A.S.T.; COHEN, V.H.; ARAUJO, J.A. **“Prevenção de acidentes na Instalação Celeste-I”**. Anais do V Congresso Geral de Energia Nuclear, vol.1, p. 17-18, agosto de 1994, Rio de Janeiro.

## ABSTRACT

During the last decades IPEN has accomplished several research programs related to the domain of the nuclear fuel cycle. Among such programs it could be pointed out the development of uranium and plutonium recovering from irradiated fuels. Initially were performed bench experiments and, after the definition of the main parameters, the process was developed in biological protected cells (hot cells). In spite of the severe budget constraints, the review of the procedures and the verification of the equipment component operationally permitted the operators recycling and the established operational experience preservation. The liquid wastes generated during the development period were safely stored. This paper presents a brief development historical as well as a description of the review activities procedures.