

ANEXOS

- Mapas
 - Planta de Situação do CIR e Arranjo Básico: AB-000-02-001
 - Lay-Out Geral da FEC II: AB-000-02-002
 - Programa de Gestão Ambiental: AB-000-02-003
 - Carta Imagem: MAP-000-04-001
 - Geologia: MAP-000-04-002
 - Uso e Cobertura dos Solos: MAP-000-04-003
 - Geomorfologia e Solos: MAP-000-04-004
 - Aptidão Agrícola: MAP-000-04-005
 - Síntese de Diagnóstico: MAP-000-04-006
 - Concentrações Médias Anuais (Escala 1:50.000) - Pior Cenário: MAP-000-04-007
 - Concentrações Médias Anuais (Escala 1:5.000) - Pior Cenário: MAP-000-04-008
 - Deposição Total Anual (Escala 1:50.000) - Pior Cenário: MAP-000-04-009
 - Deposição Total Anual (Escala 1:5.000) - Pior Cenário: MAP-000-04-010
 - Concentrações Médias Anuais (Escala 1:50.000) - Cenário Normal: MAP-000-04-011
 - Deposição Total Anual (Escala 1:50.000) - Cenário Normal: MAP-000-04-012

- Licenças do CIR

- Lista e Descrição dos Fenômenos Sísmicos

- Inventário Fotográfico
 - Meio Físico
 - Meio Biótico
 - Meio Antrópico: Área de Influência
 - Meio Antrópico: Área de Interesse Especial

- Simulações do CAP-88
 - Cenário Operacional Provável: 0,05 Bq/m³
 - Cenário de Alerta: 0,14 Bq/m³
 - Pior Cenário: 1,00 Bq/m³

1. APRESENTAÇÃO

Este Relatório apresenta o Estudo de Impacto Ambiental - EIA - das Unidades de Produção de Pó e Pastilhas de UO₂ Enriquecido da Indústrias Nucleares do Brasil S.A. - INB, situadas no município de Resende, RJ, tendo em vista a obtenção da Licença de Operação junto à autoridade ambiental federal – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis - IBAMA –, nos termos da legislação em vigor. A planta de situação (AB-000-02-001), em anexo, ilustra tanto a macrolocalização do empreendimento, como o arranjo geral das edificações e unidades existentes no Complexo Industrial de Resende (CIR).

À luz da Resolução CONAMA 001/86 e das determinações do Termo de Referência expedido pelo IBAMA, e a partir da caracterização técnica preliminar do empreendimento, a área de influência está definida em dois níveis: uma Área de Influência Indireta que cobre os municípios de Resende, Itatiaia, São José do Barreiro, Areias e Queluz, analisada do ponto de vista geobiofísico em escala 1:100.000 e no contexto ecológico e sócio-econômico da região do médio Paraíba; e uma Área de Influência Direta, ou Área de Interesse Especial, definida como o entorno imediato do empreendimento nos municípios de Itatiaia, Resende e Queluz, analisada em escalas de 1:50.000 e mais e objeto de pesquisas diretas de campo.

As condições ambientais da região são analisadas a partir das fontes secundárias convencionais e de uma imagem Landsat (canais 3, 4 e 5) de 27/10/95 adquirida especialmente para o trabalho. A carta-imagem (MAP-000-04-001), em anexo, reproduz em 1:100.000 a área de influência indicada no Termo de Referência, incluindo ainda parte de outros municípios nos Estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, e assinala a “janela” em 1:50.000 que corresponde à Área de Interesse Especial, objeto de análises mais detalhadas em escalas ampliadas.

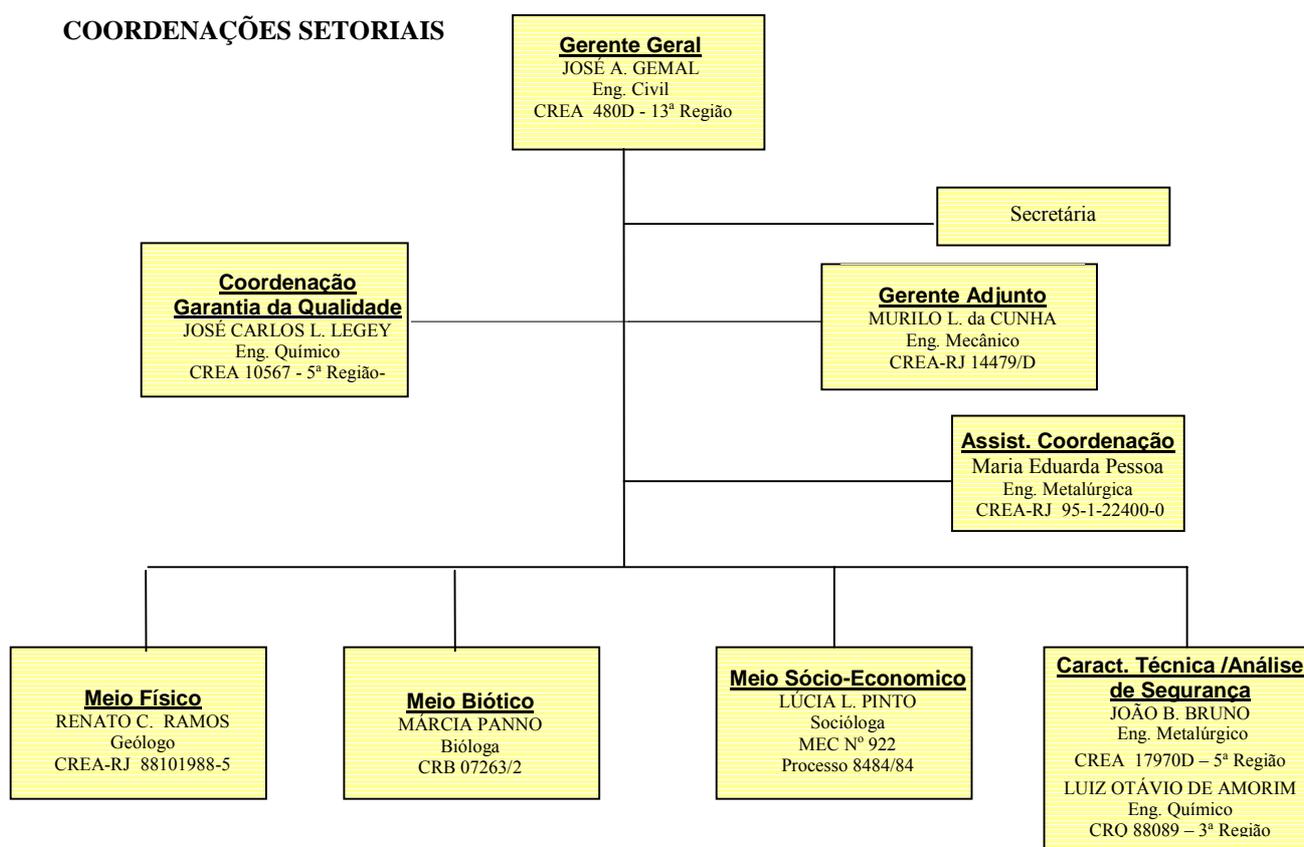
O acervo de dados de monitoramento ambiental, considerado neste Relatório, compreende os gerados pelo Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD) da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), pelo Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear (CDTN) e pela própria INB/NUCLEBRÁS desde a fase pré-operacional no início dos anos 80, além de uma extensa série de dados da Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA), ainda que não uniforme, sobre a qualidade do ar e da água na região. A Consultora e a INB realizaram ainda, em complementação ao acervo existente, quatro campanhas de campo para coleta de amostras dos diversos meios - ar, água, solo, sedimentos, pasto e leite - e realização das análises laboratoriais dos parâmetros convencionais e radiológicos considerados pertinentes.

Este relatório contém, no seu capítulo 2, uma descrição sucinta da metodologia do trabalho, das áreas de influência do empreendimento e da legislação pertinente ao seu licenciamento ambiental. O capítulo 3 contém a caracterização técnica do empreendimento do ponto de vista ambiental e o capítulo 4 seguinte o Diagnóstico Ambiental, ou seja, a situação ambiental da área de influência antes da entrada em operação da produção de pó e pastilhas de UO₂. O capítulo 5 introduz a discussão dos riscos de acidentes e o capítulo 6 apresenta o programa de descomissionamento das Unidades de Produção de Pó e Pastilhas. O capítulo 7 apresenta a análise dos impactos do empreendimento em condições normais de operação e o capítulo 8 final reúne as propostas de Gestão Ambiental, incluindo medidas mitigadoras, programa de monitoramento complementar, diretrizes programáticas para educação ambiental, e

recomendações de projetos específicos, tanto com o objetivo de recuperação de áreas historicamente degradadas (Recuperação de Mata Ciliar no entorno da Represa do Funil) como de contribuir para o desenvolvimento sustentável da região (Projeto Agro-florestal Modelo).

A equipe técnica chave está apresentada no organograma adiante, que ilustra as principais responsabilidades técnicas nos termos da legislação em vigor.

Figura 1.1 ORGANOGRAMA DA EQUIPE - CHAVE



A Tabela 1.1 a seguir apresenta a equipe técnica completa do Estudo.

Tabela 1.1 EQUIPE TÉCNICA

NOME	FORMAÇÃO	REGISTRO
José Alberto Gemal	Engenheiro Civil	CREA nº 480 D – 13ª Região
Murilo Lisboa	Engenheiro Mecânico	CREA nº 14479-D
José Carlos Loureiro Legey	Engenheiro Químico	CREA nº 10567 - 5ª Região
Marília Machado Ortiz	Engenheira Química	CRQ nº 04730/76
Luiz Otávio de Amorim	Engenheiro Químico	CRQ 8808 - 3ª Região
João Battista Bruno	Engenheiro Metalúrgico	CREA 17.970 D - 5ª Região
Maria Eduarda Carneiro Pessôa	Engenheira Metalúrgica	CREA nº 95-1-22400-0
Lúcia Luiz Pinto	Socióloga	Nº registro MEC 922 de 29/12/82 Registro Federal
Renato Rodriguez Cabral Ramos	Geólogo	CREA 88-1-01988-5
Márcia Panno	Bióloga	CRB nº 07263/ 2
Cláudia de Faria Vilarinho	Bióloga	CRB nº 95-1-681
Osny Pereira Filho	Biólogo	CRB nº 2 07419/ 2
Jorge Rogério Pereira Alves	Biólogo	CRB nº 07418-2
Emílio Benjamin Vitulich	Geólogo	—
Marco Aurélio Passos Louzada	Biólogo	CRB nº 15953/ 02 - D

2. METODOLOGIA, ÁREA DE INFLUÊNCIA E LEGISLAÇÃO

2.1. METODOLOGIA

O Fluxograma adiante (Figura 2.1) ilustra a metodologia do EIA, apresentando as grandes atividades e seu interrelacionamento.

A extensão, profundidade e forma de abordagem temática no diagnóstico ambiental foram definidas a partir das especificidades do empreendimento e da sua região de inserção, considerando-se ainda a legislação pertinente, de modo a assegurar que apenas os temas relevantes fossem examinados, evitando-se assim o dispêndio de esforços desnecessários.

O levantamento de dados de fontes secundárias envolveu contatos e entrevistas com representantes das seguintes instituições:

- Secretarias Municipais de Saúde, Educação, Planejamento, Meio Ambiente e Turismo dos municípios de Resende e Itatiaia, no Estado do Rio de Janeiro, e Queluz, São José do Barreiro, Areias, no Estado de São Paulo;
- FEEMA – Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente;
- FIBGE – Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;
- SPHAN – Instituto de Patrimônio Histórico e Artístico Nacional;
- CIDE – Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro;
- FDE – Fundação para o Desenvolvimento da Educação – SP;
- INB – Indústrias Nucleares do Brasil S/A;
- CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear;
- Cooperativa dos Produtores de Resende;
- Secretaria Estadual de Agricultura – RJ;
- FURNAS – Represa do Funil;
- EMATER/RIO – Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Rio de Janeiro; e
- Organizações Ambientais de Itatiaia – União Comunitária de Penedo, Pró-natureza e Associação Martinelli.

A caracterização sócio-econômica da Área de Influência Direta ou de Interesse Especial fundamentou-se na identificação de núcleos habitacionais ou povoados localizados no raio de 0 a 4 km do empreendimento. Considerou-se, no estudo empreendido, esses contingentes populacionais como comunidades diretamente afetadas e seu perfil foi consolidado através de entrevistas. Para a sua realização, foram definidos alguns critérios, a fim de se obter uniformidade nas informações. Foram utilizados dois questionários fechados, dirigidos para a área rural e urbana. As principais variáveis de observação foram: qualificação do informante e dos membros residentes (identificação, situação de residência, escolaridade, idade, sexo e ocupação); inserção produtiva (tipo, condições, origem e destino); condições de moradia; acesso a bens e serviços; formas de associativismo e lazer; conhecimento e percepção das instalações existentes no Complexo Industrial de Resende (CIR).

Os questionários foram aplicados em:

- Resende/Distrito de Engenheiro Passos - População residente;

- Itatiaia/Bairro de Vila Flórida (Nhangapi) – População residente;
- Fazendas produtivas do entorno – Gerência e funcionários;
- Hotel Fazenda Villa Forte – Gerência e moradores;
- Hotel Fazenda Três Pinheiros – Gerência e moradores;
- Posto de Saúde em Vila Flórida – Administrador e médicos;
- Posto de Saúde em Engenheiro Passos – Administrador e médicos; e
- Conjunto Residencial COHAB em Engenheiro Passos.

Buscou-se atingir cerca de 10% do total de residentes das áreas, amostra suficiente para o conhecimento das condições sócio-econômicas da população delimitada anteriormente. Também foi considerada como Área de Interesse Especial a Represa do Funil, enquanto seus usos pela população nos limites com a área do empreendimento e na Área de Influência Direta.

O diagnóstico ambiental, nos seus aspectos físicos e bióticos, está apoiado nos dados referenciados de fontes secundárias, na interpretação da imagem Landsat adquirida especialmente para o trabalho e em duas campanhas de campo, realizadas para os períodos seco e chuvoso, que envolveram significativa complementação do acervo de monitoramento ambiental disponível, com a coleta de amostras e a realização de análises laboratoriais para parâmetros convencionais e radiológicos em vários meios.

Uma síntese da qualidade ambiental da área de influência direta foi produzida pelo cruzamento e integração dos aspectos críticos identificados nas análises setoriais.

A análise dos impactos do empreendimento, em condições normais de operação, foi desenvolvida em processo multidisciplinar de acordo com metodologia própria da Consultora, buscando-se atender à Resolução CONAMA 001/86 e ao Termo de Referência. Para avaliação das doses efetivas de radiação oriundas das emissões atmosféricas, foram utilizados modelos gaussianos de dispersão atmosférica desenvolvidos na Alemanha para uso no contexto nuclear e o modelo CAP88-PC Versão 2, produzido no âmbito do DOE (Department of Energy) - EUA e atualmente distribuído pela EPA (Environmental Protection Agency) para utilização obrigatória no processo de licenciamento ambiental de atividades. Foram também realizadas estimativas de dose efetiva para um grupo crítico que faça uso da represa do funil para diversos fins.

Apresenta-se, também, uma análise de cenários acidentais do empreendimento, realizada mediante simulações das consequências de liberações acidentais de UF₆ (manipulação de cilindros) e UO₂ (forno) na atmosfera.

As recomendações do Programa de Gestão Ambiental foram desenvolvidas pela equipe chave em processo multidisciplinar interno e em função das discussões preliminares com os órgãos interessados, notadamente a Prefeitura de Resende.

Figura 2.1 FLUXOGRAMA GERAL DO ESTUDO

2.2. CARACTERIZAÇÃO SUCINTA DA ÁREA DE INFLUÊNCIA

A região de estudo localiza-se na bacia hidrográfica do médio Paraíba do Sul, que distribui-se por três Estados: São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro. No território fluminense, é denominada Região do Médio Paraíba, com população total de 694.253 habitantes, onde se encontram os municípios de Resende e Itatiaia. No território paulista, a região é denominada Vale do Paraíba Paulista, com população total de 1.634.594 habitantes, onde situam-se os municípios de Queluz, Areias e São José do Barreiro.

O município de Resende, com área de 1.155 km², limita-se ao Norte com o Estado de Minas Gerais, ao Sul e a Oeste com o Estado de São Paulo. Nesta região, o tráfego de veículos na Rodovia Presidente Dutra (BR-116) apresenta um fluxo diário de aproximadamente 17.000 veículo, dos quais cerca de metade corresponde a caminhões e ônibus e a outra metade a automóveis.

Itatiaia, antigo distrito de Resende, com área de 248 km², limita-se ao Norte com Minas Gerais, ao Sul com São Paulo, a Leste com Resende e a Oeste com Minas Gerais e São Paulo.

No Vale do Paraíba Paulista, o município de Queluz, com 243 km², limita-se a Oeste com o Estado do Rio de Janeiro (Resende) e ao Norte com Minas Gerais.

Com 316 km², o município de Areias limita-se com o Estado do Rio de Janeiro (Resende) e Queluz ao Norte, com Silveiras a Leste, a Oeste com São José do Barreiro e ao Sul com Cunha.

O município de São José do Barreiro, com 710 km², limita-se ao Norte com o município de Resende (RJ), a Leste com Bananal (SP), ao Sul com Cunha, a Oeste com Areias (SP) e a Sudeste com Paraty e Angra dos Reis.

2.3. LEGISLAÇÃO PERTINENTE

2.3.1. Histórico da Regulamentação Ambiental

O Brasil acordou relativamente tarde para a sua dimensão ambiental. A biodiversidade encontrada na Amazônia a torna um banco genético sem par no nosso planeta, da mesma forma que outros ecossistemas tropicais apresentam características únicas - demorou a ser despertado pelos brados retumbantes que ecoavam no mundo a partir da Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente Humano de 1972, promovida pelas Nações Unidas em Estocolmo.

Por sua vez, a ECO '72 refletia a preocupação dos meios acadêmicos e políticos sobre o futuro da biosfera, provocados por estudos seminais como "Only One Earth", de Lady Barbara Ward, e "Limits of Growth", do grupo de cientistas reunido pelo Clube de Roma, que anteviam a destruição irreversível dos recursos naturais do globo terrestre - agravada também pelas guerras em escala mundial - em função de um estilo de vida baseado no consumismo desenfreado e no desperdício, gerando concomitantemente um nível de poluição que tornaria a Terra inabitável.

Nesta época, o governo brasileiro fazia coro com outras nações do terceiro mundo afirmando que não havia poluição maior que a pobreza da população, ao mesmo tempo que amplas áreas da floresta tropical recebiam incentivos para serem derrubadas e transformadas em pastagens pouco produtivas.

Como reação pendular, foram se aglutinando movimentos ecológicos diversos, contestatórios da posição governamental oficial, que passaram a propugnar a intocabilidade dos nossos recursos naturais e a revisão do modelo de desenvolvimento industrializado, muitos tomando como tema a volta para atividades alternativas mais simples, mais humanas e mais chegadas à natureza.

A força dessas idéias tomando corpo, pouco a pouco foi se difundindo no país a consciência de que realmente possuímos um patrimônio natural inigualável e que era preciso protegê-lo para permitir sua exploração sem a destruição do meio ambiente. Dessa forma, inicia-se nos anos '70 a montagem de um arcabouço institucional que mais tarde incorporaria os princípios de harmonização das exigências de desenvolvimento sócio-econômico e preservação ambiental, ou seja, a moderna temática do desenvolvimento sustentável, consolidada no documento "Nosso Futuro Comum" produzido pela ONU em 1987.

Foi um longo processo de mudança cultural, pois o quadro institucional brasileiro sancionava práticas industriais nocivas e uma ocupação agrícola predatória do país, com o secular abandono das "terras cansadas" e o contínuo alargamento da fronteira em busca de terras virgens, também a seguir exauridas e abandonadas.

Com a mudança da ordem institucional em 1964, iniciam-se algumas alterações de enfoque, como o Estatuto da Terra (Lei nº 4.504 de 1964), que privilegia a função social da propriedade, determinando que "a propriedade da terra desempenha integralmente sua função social" quando, a par de outras condições, "assegura a conservação dos recursos naturais".

Ainda na década de '60, são editados o Novo Código Florestal (Lei nº 4.771 de 1965), a Lei de Proteção da Fauna (Lei nº 5.197 de 1967), o Código de Pesca (Decreto nº 221 de 1967) e é criado o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal-IBDF (Decreto nº 289 de 1967), bem como são instituídas várias áreas protegidas e aprovados acordos e convenções internacionais relativos à proteção ambiental.

Eram, entretanto, medidas desconexas, voltadas para o enfoque de proteção dos recursos naturais renováveis, que perdiam de vista a noção holística de que existe estreita interdependência entre os recursos naturais renováveis entre si e com o meio ambiente como um todo, como veio a propor a Conferência Mundial das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, realizada em Estocolmo em 1972.

O primeiro passo nessa nova direção, partindo de uma visão integrada da questão ambiental e como consequência das mudanças desencadeados pela ECO '72, foi a criação da Secretaria Especial do Meio Ambiente-SEMA em outubro de 1973. A existência da SEMA proporcionou a base de apoio necessária para a aglutinação das forças voltadas à defesa do meio ambiente e já em 1975 se conseguia a edição do Decreto-Lei nº 1.413 sobre o controle da poluição industrial.

A atuação da SEMA resultou na elaboração de mensagem do Poder Executivo que transformou-se, após longa discussão legislativa, nas diretrizes básicas da Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938 de 31/08/1981).

Essa lei estabelecia, como um dos instrumentos da Política Nacional de Meio Ambiente, a Avaliação de Impacto Ambiental - AIA e criava, no seu Artigo 14, o princípio da responsabilidade objetiva ou sem culpa em matéria de danos ao meio ambiente, que merece atenção especial no caso de operações de transferência de controle de empresas.

Entre as novidades relevantes de 1981, surge o conceito de “responsabilidade objetiva” ou “sem culpa”, seguindo o exemplo dos EUA e de alguns países europeus, bem como a atribuição ao Ministério Público de poderes e responsabilidades específicas para o ajuizamento de ações cíveis. Os poderes do Ministério Público foram significativamente ampliados para efeito de condução de ações cíveis em geral, inclusive as relativas à aplicação da legislação ambiental em 1985 (Lei nº 7.347/85) ¹.

O Ministério Público pode exigir a recuperação do meio ambiente alterado, a indenização por danos ambientais comprovados e de difícil recuperação, ou desempenho que elimine as fontes de poluição identificadas, incluindo o fechamento da empresa.

¹ Estes dispositivos legais determinam que, sem prejuízo das penalidades aplicáveis, o poluidor será obrigado a indenizar ou reparar os danos ao meio ambiente e a compensar as pessoas prejudicadas. Entre 1986 e 1991 cerca de 4.000 inquéritos tinham sido iniciados pelo Ministério Público - a maior parte em nível estadual -, dos quais 1.650 resultaram em ações cíveis e 416 em ações reguladas pelo Código Penal, enquanto que apenas 600 casos chegaram a uma decisão ou acordo judicial. São Paulo, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul concentram a maior parte das ações mencionadas. Uma tendência marcante das decisões judiciais é a não aceitação de “responsabilidades conjuntas” ou “múltiplas” quando alguns dos réus demonstram ter tido desempenho considerado conforme pelas agências de controle e/ou pela regulamentação em vigor. De todo modo, a tendência mais importante do processo é certamente a negociação administrativa ou judicial de programas de conformidade ambiental e de recuperação de danos ao meio ambiente, em vez da aplicação de penalidades pesadas.

O poluidor e seus sucessores, bem como qualquer um que tenha contribuído para o dano, são considerados responsáveis perante a lei².

Assim, são decorridos cerca de 15 anos desde o início da organização de um aparato institucional abrangente para toda a problemática ambiental brasileira.

Essa legislação era extremamente inovadora, principalmente pelo seu conceito básico de que o meio ambiente é "um patrimônio público a ser necessariamente assegurado e protegido, tendo em vista o uso coletivo".

Outro ponto que rompia com o *status quo* era a descentralização da execução, repassando aos estados a possibilidade de atuar sobre assuntos de meio ambiente e atribuindo-lhes responsabilidades no licenciamento ambiental, pois a Constituição de 1969 (Emenda Constitucional nº 1) era eminentemente centralizadora, reservando competência exclusiva para a União em várias matérias, especialmente jazidas, minas e outros recursos naturais, metalurgia, florestas, caça e pesca, águas, energia (elétrica, térmica, nuclear ou qualquer outra).

São Paulo estabeleceu o seu sistema de licenciamento ambiental pela Lei nº 997 de 31/05/76, o Rio de Janeiro pelo Decreto nº 1.633 de 21/12/77 e Minas Gerais pela Lei nº 7.772 de 08/09/80. O Rio Grande do Sul abordava a questão ambiental a nível da sua constituição estadual desde a Emenda Constitucional nº 11 de 15/08/80. Observe-se que a apresentação do Relatório de Impacto no Meio Ambiente (RIMA) já era então exigida, em caráter pioneiro, no Estado do Rio de Janeiro, como parte do Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras - SLAP.

Com estímulo e cooperação da Secretaria Especial do Meio Ambiente - que mobilizou, inclusive, o apoio do Programa Nações Unidas para o Meio Ambiente-PNUMA para esse esforço no que tange aos estudos de impacto ambiental - os órgãos ambientais estaduais das principais unidades da Federação foram se estruturando e estabelecendo uma ação firme nas suas áreas de atuação.

Por outro lado, a criação do Conselho Nacional de Meio Ambiente-CONAMA, com função de assessoramento do Presidente da República, no bojo da lei que estabeleceu a Política Nacional de Meio Ambiente e que foi regulamentado no Decreto nº 88.351 de 01/06/83 e outros subsequentes, marcou a existência formal de um órgão com a atribuição de formulação de diretrizes sobre o meio ambiente, exercida através de resoluções.

Particularmente importante é a Resolução CONAMA 001/86 de 23/01/86 que estabeleceu as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental, instrumentada através dos documentos EIA - Estudo de Impacto Ambiental e RIMA - Relatório de Impacto Ambiental.

Também importante foi a noção de que o processo de licenciamento de empreendimentos ou

² O princípio da responsabilidade conjunta ou múltipla é estabelecido no Código Civil, Artigo 1.518, que especifica que as partes responsáveis podem ser individual ou conjuntamente acionadas para o pagamento do total da indenização legalmente aplicável.

atividades potencialmente poluidoras, que tivessem impacto relevante no meio ambiente, devesse incluir a discussão do RIMA com a comunidade envolvida, através de Audiência Pública.

Pelo fato de ter-se tornado o principal marco conceitual e também pela sua abrangência na estruturação do processo de Avaliação de Impacto Ambiental, a transcrição de algumas das provisões fundamentais da Resolução CONAMA 001/86 se impõe:

“considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente afetam:

- I. a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- II. as atividades sociais e econômicas;
- III. a biota;
- IV. as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- V. a qualidade dos recursos ambientais”.

O estudo de impacto ambiental desenvolverá, no mínimo, as seguintes atividades técnicas:

- I Diagnóstico ambiental da área de influência do projeto, com completa descrição e análise dos recursos ambientais e suas interações, tal como existem, de modo a caracterizar a situação ambiental da área, antes da implantação do projeto, considerando:
 - a) o meio físico - o subsolo, as águas, o ar e o clima, destacando os recursos minerais, a topografia, os tipos e aptidões do solo, os corpos d'água, o regime hidrológico, as correntes atmosféricas;
 - b) o meio biológico e os ecossistemas naturais - a fauna e a flora, destacando as espécies indicadoras da qualidade ambiental, de valor científico e econômico, raras e ameaçadas de extinção e as áreas de preservação permanente;
 - c) o meio sócio-econômico - o uso e ocupação do solo, os usos da água e a sócio-economia, destacando os sítios e monumentos arqueológicos, históricos e culturais da comunidade, as relações de dependência entre a sociedade local, os recursos ambientais e a potencial utilização futura desses recursos.
- II Análise dos impactos ambientais do projeto e de suas alternativas, através de identificação, previsão da magnitude e interpretação da importância dos prováveis impactos relevantes, discriminando: os impactos positivos e negativos, (benéficos e adversos), diretos e indiretos, imediatos e a médio e longo prazos, temporários e permanentes; seu grau de reversibilidade; suas propriedades cumulativas e sinérgicas; a distribuição dos ônus e benefícios sociais.
- III Definição de medidas mitigadoras dos impactos negativos, entre elas os equipamentos de controle e sistemas de tratamento de despejos, avaliando a eficiência de cada uma delas.
- IV Elaboração do programa de acompanhamento e monitoramento dos impactos positivos e negativos, indicando os fatores e parâmetros a serem considerados.

O Relatório de Impacto Ambiental - RIMA refletirá as conclusões do estudo de impacto

ambiental e conterá, no mínimo:

- I Os objetivos e justificativas do projeto, sua relação e compatibilidade com as políticas setoriais, planos e programas governamentais;
- II A descrição do projeto e suas alternativas tecnológicas e locacionais, especificando para cada um deles, nas fases de construção e operação, a área de influência, as matérias-primas, a mão-de-obra, as fontes de energia, os processos e técnicas operacionais, os prováveis efluentes, emissões, resíduos de energia, os empregos diretos e indiretos a serem gerados;
- III A síntese dos resultados dos estudos de diagnóstico ambiental da área de influência do projeto;
- IV A descrição dos prováveis impactos ambientais da implantação e operação da atividade, considerando o projeto, suas alternativas, os horizontes de tempo de incidência dos impactos e indicando os métodos, técnicas e critérios adotados para sua identificação, quantificação e interpretação;
- V A caracterização da qualidade ambiental futura da área de influência, comparando as diferentes situações da adoção do projeto e suas alternativas, bem como com a hipótese de sua não realização;
- VI A descrição do efeito esperado das medidas mitigadoras previstas em relação aos impactos negativos, mencionando aqueles que não puderam ser evitados, e o grau de alteração esperado;
- VII O programa de acompanhamento e monitoramento dos impactos;
- VIII Recomendação quanto à alternativa mais favorável (conclusões e comentários de ordem geral).

O RIMA deve ser apresentado de forma objetiva e adequada a sua compreensão. Respeitado o sigilo industrial, assim solicitado e demonstrado pelo interessado, o RIMA será acessível ao público. Suas cópias permanecerão à disposição dos interessados, nos centros de documentação ou bibliotecas da SEMA e do órgão estadual de controle ambiental correspondente, inclusive o período de análise técnica.

Os órgãos públicos que manifestarem interesse, ou tiverem relação direta com o projeto, receberão cópia do RIMA, para conhecimento e manifestação.

Por outro lado, o crescimento do nível de organização e do volume das reivindicações ambientais formuladas pelos movimentos sociais resultou na viabilização prática do princípio da responsabilidade objetiva ou sem culpa em matéria de danos ao meio ambiente, conforme já instituído pelo Artigo 14 da Lei nº 6.938/81, através da Lei nº 7.347/85 - com impressionante acúmulo de inquéritos e ações judiciais iniciadas pelos Ministérios Públicos para indenização/recuperação de danos ambientais, alguns incluindo os órgãos ambientais como réus, conforme já destacado - e que a questão ambiental ganhou força constitucional, pois a Constituição Federal de 05/10/88 dedica todo um capítulo ao Meio Ambiente - Capítulo VI - e afirma, no seu Artigo 225:

"Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações".

Ainda mais, os estudos prévios de impacto ambiental são elevados à norma constitucional no Artigo 225, § 1º, IV que estabelece:

"(incumbe ao Poder Público) exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade, como também fica explicitamente incumbido o Poder Público de preservar e proteger o meio ambiente, controlar práticas que o ponham em risco e promover a educação ambiental".

A Constituição aponta ainda como de competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, a proteção do meio ambiente e o combate à poluição, assim como a preservação das florestas, da fauna e da flora (Artigo 23, VI e VII).

Enquanto era consagrada na Carta Magna, a questão ambiental passava por uma nova rodada de remontagem da sua gestão, com a criação do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis-IBAMA pela Lei nº 7.735 de 22/02/89 e pelo Decreto nº 97.946 de 11/07/89 (que estabelecia sua estrutura básica), ao mesmo tempo que era extinta a Secretaria Especial do Meio Ambiente-SEMA, cujas atribuições de órgão central do Sistema Nacional do Meio Ambiente-SISNAMA eram incorporadas pelo IBAMA.

Com vistas a formalizar uma atuação integrada nas questões de meio ambiente, o IBAMA passou a englobar as estruturas da Superintendência de Desenvolvimento da Pesca-SUDEPE, do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal-IBDF e da Superintendência da Borracha-SUDHEVEA, fundindo-as à estrutura da SEMA.

Na mesma época, a Política Nacional do Meio Ambiente era atualizada pela Lei nº 7.804 de 18/07/89, que estabelecia no seu Artigo 10: "A construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais considerados efetiva e potencialmente poluidores, bem como os capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependerão de prévio licenciamento de órgão estadual competente, integrante do Sistema Nacional do Meio Ambiente-SISNAMA, e do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis-IBAMA, em caráter supletivo, sem prejuízo de outras licenças exigíveis", ao mesmo tempo que estabelecia as penalidades para o crime ambiental, conforme definido no Artigo 15.

Em 1981, a mesma Lei nº 6.938 estabeleceu em seu Artigo 10 que a construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, considerados efetivo ou potencialmente poluidores, bem como os capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependem de prévio licenciamento por órgão estadual competente integrante do SISNAMA, sem prejuízo de outras licenças exigíveis.

A regulamentação dessa Lei foi realizada através do Decreto nº 88.351, de 01 de junho de 1983, revogado em 06 de junho de 1990 pelo Decreto nº 99.274, que alterou essa regulamentação em razão das modificações introduzidas na Política Nacional de Meio Ambiente, através da Constituição Federal de 1988, e das Leis nº 7.804, de 18 de julho de

1989, e nº 8.028, de 12 de abril de 1990.

Dessa forma, a redação original da Lei nº 6.938/81 estabeleceu como regra geral a competência dos órgãos estaduais para proceder o licenciamento ambiental. A exceção à essa regra encontrava-se no parágrafo 4º do mesmo Artigo 10, que fixava a competência exclusiva do Poder Executivo Federal, ouvidos os Governos Estadual e Municipal interessados, para o licenciamento ambiental dos pólos petroquímicos e cloroquímicos, bem como das instalações nucleares, e outras definidas em lei.

A posse da nova administração federal, em março de 1990, trouxe também uma reformulação ministerial, criando-se a Secretaria do Meio Ambiente da Presidência da República-SEMAM/PR, de acordo com a Medida Provisória nº 150 e o Decreto nº 99.180, ambos de 15/03/90, depois consolidados pela Lei nº 8.028 de 12/04/90. Mais recentemente, na atual administração federal, a SEMAN/PR foi transformada no Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, elevando-se a questão ambiental ao nível ministerial e alterando significativamente a estrutura administrativa federal nessas áreas conexas.

Sendo a questão ambiental, como foi visto, preocupação relativamente recente do quadro legal-institucional brasileiro, principalmente em seu moderno enfoque integrado, e dadas as complexas interdependências técnicas entre a mesma e várias áreas de atuação pública tradicional - recursos hídricos e energia, florestas, uso do solo, desenvolvimento industrial, saneamento e drenagem, para citar apenas as mais relevantes - persistem válidos diplomas legais esparsos visando à proteção ou regulamentação de exploração deste ou daquele recurso ambiental, assim como permanecem diversos e com imensas dificuldades de coordenação, tanto no âmbito federal como estadual, os órgãos e entidades encarregados de lhes dar cumprimento.

Por essa razão, tendo em vista a diversidade de agentes necessários à boa execução da Política Nacional de Meio Ambiente, é que a Lei nº 6.938 de 1981 já previa uma atuação sistêmica integrada abrangendo os organismos federais, estaduais e municipais intervenientes na questão. Assim, o Sistema Nacional do Meio Ambiente-SISNAMA visa harmonizar as ações de seus integrantes, as vezes dispersas e, não raro, conflitantes.

Como órgão superior desse sistema foi instituído o Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, ligado à Presidência da República, no qual estão representados os principais integrantes do SISNAMA, órgãos federais, representantes dos Estados e da coletividade.

No entanto, o CONAMA teve que se reposicionar frente às modificações na estrutura do governo federal dentro do atual quadro administrativo, pois a Lei nº 8.028 de 12/04/90 criou o Conselho de Governo, integrado por todos os ministros de estado, o qual se reúne quando convocado pelo Presidente da República e tem como atribuição a formulação das políticas nacionais. Com isso o CONAMA passou a ter sua pauta estabelecida pela Secretaria de Assuntos Estratégicos-SAE, que atua como secretaria executiva do Conselho de Governo e, por conseguinte, de todos os colegiados ligados à presidência.

Merece destaque especial para o empreendimento em exame o Decreto nº 99.274, de 06/06/90, que amplia o leque de empreendimentos sujeitos a licenciamento ambiental prévio - incluindo os estabelecimentos produtores ou usuários de material ou energia nuclear - e estabelece um ritual de licenciamento ambiental em três estágios:

Artigo 17 - “ A construção, instalação, ampliação ou funcionamento de estabelecimento de atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras, bem assim os empreendimentos capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependerão de prévio licenciamento do órgão estadual competente integrante do SISNAMA, sem prejuízo de outras licenças legalmente exigíveis. “

Artigo 18 - “ O órgão estadual do meio ambiente e o IBAMA, este em caráter supletivo, sem prejuízo das penalidades pecuniárias cabíveis, determinarão, sempre que necessário, a redução das atividades geradoras de poluição, para manter as emissões gasosas ou efluentes líquidos e os resíduos sólidos nas condições e limites estipulados no licenciamento concedido.”

Artigo 19 - “ O Poder Público, no exercício de sua competência de controle, expedirá as seguintes licenças:

Ĩ Licença Prévia (LP), na fase preliminar do planejamento da atividade, contendo requisitos básicos a serem atendidos nas fases de localização, instalação e operação, observados os planos municipais, estaduais ou federais de uso do solo;

Ï Licença de Instalação (LI), autorizando o início da implantação, de acordo com as especificações constantes do Projeto Executivo aprovado; e

ÏÏ Licença de Operação (LO), autorizando, após as verificações necessárias, o início da atividade licenciada e o funcionamento de seus equipamentos de controle de poluição, de acordo com o previsto nas Licenças Prévia e de Instalação.

§ 4º - O licenciamento dos estabelecimentos destinados a produzir materiais nucleares ou a utilizar a energia nuclear e suas aplicações, competirá à Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN, mediante parecer do IBAMA, ouvidos os órgãos de controle ambiental estaduais e municipais.”

A polêmica que se estabeleceu em torno desse Decreto não pode ser negligenciada, já que êle explicitamente contraria dispositivo legal de nível hierárquico superior - a Lei nº 7.804/89. No seu § 4º acima reproduzido, o Decreto nº 99.274, de 06/06/90, determina que a competência para o licenciamento ambiental de instalações nucleares seria da CNEN. A Lei nº 7.804/89, no entanto, não mais especifica determinadas atividades que seriam de competência federal. A exceção passou a ser genérica, sendo atribuída ao IBAMA a competência para o licenciamento ambiental no caso de atividades e obras com significativo impacto ambiental de âmbito nacional ou regional. (Artigo 10, parágrafo 4º, da Lei nº 6.938/81, com as alterações introduzidas pela Lei nº 7.804/89)

O Decreto nº 99.274/90 é portanto nulo com relação às disposições que contrariam a Lei nº 7.804/89, de acordo com o Princípio da Hierarquia das Normas Jurídicas. Neste sentido, aplica-se a interpretação da disposição legal que transferiu da CNEN para os órgãos

ambientais o licenciamento ambiental das atividades nucleares. Esta alteração submeteu as atividades nucleares ao controle dos órgãos ambientais já que até 1989 eram as únicas atividades não sujeitas a esse controle. O Relatório do Brasil para a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento manifestou posição explícita neste sentido.

Demonstrando que o assunto atualmente está pacificado, pode-se citar o convênio firmado entre a CNEN e o IBAMA, assinado em janeiro de 1991, objetivando compatibilizar a legislação ambiental e nuclear, bem como o exercício do poder de polícia pelos dois órgãos, os procedimentos do licenciamento, autorização, fiscalização e controle da atividades nucleares. Outrossim, convênios com o mesmo objeto estão sendo negociados com órgãos ambientais estaduais. Para efeito do licenciamento e controle de atividades nucleares a legislação em vigor envolve, portanto, os órgãos ambientais do SISNAMA em um processo que anteriormente estava centrado basicamente na atuação da CNEN.

Vale também destacar a Resolução CONAMA 009/87 de 03/12/87, porém publicada em meados de 1990, que estabelece os critérios para a realização de Audiências Públicas.

A legislação federal, de cunho abrangente, teve sua simetria respeitada no Estado do Rio de Janeiro, onde também a constituição estadual apresenta o Capítulo VIII - Do meio ambiente, no qual se estabelece que: "(incumbe ao Poder Público) condicionar, na forma da lei, a implantação de instalações ou atividades efetivas ou potencialmente causadoras de alterações significativas do meio ambiente à prévia elaboração de estudo de impacto ambiental, a que se dará publicidade." (Artigo 258, §1º, Inciso X). Também convém destacar, por pertinente ao objeto da presente proposta, o Artigo 266 que prevê:

"São áreas de relevante interesse ecológico, cuja utilização dependerá de prévia autorização dos órgãos competentes, preservados os seus atributos essenciais:

- I. as coberturas florestais nativas;
- II. a zona costeira;
- III. o Rio Paraíba do Sul;
- IV. a Ilha Grande;
- V. a Baía de Guanabara;
- VI. a Baía de Sepetiba."

Ainda que no presente caso o licenciamento ambiental seja de competência federal, ouvidos os órgãos estaduais e municipais, o que implica a utilização do ritual previsto nas normas federais já citadas, importa registrar o conjunto de normas do Estado do Rio de Janeiro que regula o processo. A Lei Estadual nº 1.356, de 03/10/88, dispõe sobre os procedimentos vinculados à elaboração, análise e aprovação dos Estudos de Impacto Ambiental, já objeto da anterior Deliberação CECA nº 1.078, de 25/06/87, emitida pela Comissão Estadual de Controle Ambiental-CECA, que aprova a Diretriz para Implantação do Estudo de Impacto Ambiental - EIA e do respectivo Relatório de Impacto Ambiental - RIMA, e CECA nº 1.344, de 22/08/88, que regulamenta a realização de audiências públicas como parte do processo de licenciamento de atividades poluidoras sujeitas à apresentação de Estudo de Impacto Ambiental - EIA e Relatório de Impacto Ambiental - RIMA.

A Deliberação CECA nº 2.117, de 21/11/90, consolidou a matéria, aprovando um novo documento de Diretriz para Realização de Estudo de Impacto Ambiental - EIA e do respectivo Relatório de Impacto Ambiental - RIMA.

O corpo de normas estaduais é bastante abrangente, cobrindo todos os aspectos do processo de licenciamento e controle da poluição ambiental, incluindo a regulamentação técnica de padrões gerais e específicos de efluentes, emissões e resíduos, bem como de métodos de amostragem e de análise laboratorial.

Mais recentemente, no bojo de um processo que envolve a busca de qualidade total em todo o mundo - conforme normas da série ISO 14000 em discussão - e após a aprovação da Lei Estadual que instituiu a obrigatoriedade de auditorias ambientais anuais de empreendimentos de grande potencial poluidor, foi publicada a DZ-056-R.2 - Diretriz para Realização de Auditoria Ambiental, em 21 de novembro de 1995, importante instrumento futuro do controle da poluição e da recuperação ambiental no Estado.

As Leis Orgânicas Municipais também vem incorporando a questão ambiental, ainda que não se tenha verificado o desenvolvimento da legislação ordinária pertinente e da organização administrativa necessária a uma participação eficaz, tanto no processo de licenciamento ambiental como nas ações de controle da poluição e recuperação ambiental.

Como observação crítica pertinente ao licenciamento em tela, cabe destacar que apesar da preocupação sistêmica dos legisladores ambientais federais, a superposição entre a questão ambiental e a questão urbana - por algum tempo também metropolitana, abordada em nível federal até 1988 -, não foi tratada de modo adequado, sendo subseqüentemente esquecida no âmbito da delegação da questão urbana aos níveis estadual e sobretudo municipal com a Constituição Federal de 1988, sem explícita derrogação das normas que ainda disciplinam aspectos setoriais e de interesse comum metropolitano, mas que passaram a segundo plano nas preocupações estaduais, resultando na perda de instrumentos estratégicos para a preservação ambiental e a promoção do desenvolvimento sustentado.

Trata-se do controle da poluição industrial em sintonia com a elaboração de um zoneamento industrial das áreas críticas de poluição, entre elas a Região do Médio Paraíba (Decreto Lei nº 1.413 e Decreto nº 76.389 de 1975 e Lei nº 6.803 de 1980), que já tinha merecido do Governo Federal uma legislação específica para Recuperação e Proteção Ambiental (Decreto nº 8.7561/82). O controle do processo de parcelamento do solo para uso urbano, instituído pela Lei nº 6.766/76 e ainda em vigor embora prejudicado em sua essência, também reconhecia a necessidade de articulação interinstitucional e de planejamento do processo de expansão urbana.

Talvez por sua inspiração autoritária, o conjunto de normas federais de planejamento territorial, envolvendo mecanismos rigorosos de controle de uso e parcelamento do solo, de proteção ambiental em áreas específicas, e de zoneamento industrial, foi progressivamente abandonado pelos Estados e Municípios, estes muitas vezes não efetivamente preparados para legislar sozinhos sobre o uso do solo e muito menos para exercer o devido controle, abandonando-se o planejamento físico como instrumento fundamental de preservação ambiental, harmonização dos investimentos e ações públicas setoriais e orientação básica ao setor privado.

Outro aspecto da legislação de interesse para o empreendimento é o que se refere ao transporte rodoviário de cargas perigosas, regulamentado em nível federal pelo Decreto nº 96.044/88 e pela Resolução CONAMA 001-A/86.

Cabe agora resumir as principais características paramétricas da regulamentação ambiental em vigor.

2.3.2. Controle de Emissões Atmosféricas e Efluentes Líquidos

2.3.2.1. Emissões Atmosféricas

Leis federais e estaduais regulamentam a qualidade do ar e fornecem alguns parâmetros para a concentração de poluentes nas emissões atmosféricas.

Padrões nacionais de emissão só existem para fontes novas, instaladas após dezembro de 1990, pela Resolução CONAMA 008/1990, e se referem a material particulado, dióxido de enxofre, monóxido de carbono e fumaça.

A FEEMA possui um conjunto de diretrizes e instruções para o controle da poluição atmosférica por setor industrial, com parâmetros específicos para os principais poluentes. Adicionalmente, estabelece, administrativamente, parâmetros adicionais caso a caso, conforme pertinente, consoante autorização legal.

2.3.2.2. Efluentes Líquidos

Em nível federal, a Resolução CONAMA 020/86 estabelece os padrões de qualidade dos corpos hídricos classificados em várias classes de uso/qualidade, e dos efluentes líquidos, regulando especificamente as concentrações de cerca de 30 substâncias.

Em princípio, nenhum efluente industrial pode alterar a qualidade ou a classe de um corpo receptor, embora na prática o controle se apoie no estabelecido como condição limite de descarga em qualquer corpo receptor (Artigo 21).

O Estado do Rio de Janeiro estabeleceu limites semelhantes aos federais, mas pode sempre exigir limites mais rigorosos, em função das condições de contaminação do corpo receptor, ou solicitar, no caso de empreendimentos de grupos internacionais ou com tecnologias patenteadas no exterior, a aplicação dos mesmos padrões vigentes nos países de origem para parâmetros regulados ou não no País.

2.3.3. Resíduos

Em nível federal, a Portaria 53/79 do Ministério do Interior caracteriza a responsabilidade do gerador de resíduos pelo seu acondicionamento, transporte e destinação final adequados. Com a Resolução CONAMA 06/88, a regulamentação federal foi significativamente aperfeiçoada, ficando os geradores de resíduos perigosos e de certo porte obrigados a realizar inventário e classificação técnica dos mesmos com base na NBR 10004 - Classe I - Perigosos, Classe II - Inertes, e Classe III - Não-Inertes.

O SLAP - Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras, implantado no Estado do Rio de Janeiro desde a década de 70, foi aperfeiçoado ao longo do período e hoje apresenta regulamentação relativa ao enquadramento de resíduos na Classe I até mais rigorosos do que aqueles da norma federal, através de teste específico de lixiviação ácida.

A ABNT, como instituição normativa técnica nacional, também complementa o quadro de regulamentação ambiental em outras áreas, inclusive no que se refere à proteção radiológica, neste caso complementando a atuação da CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear, que tem responsabilidade legal específica pelo licenciamento e pela fiscalização de atividades na área nuclear no País, utilizando um conjunto abrangente e detalhado de normas para os vários tipos de atividades.

Assim sendo, apresenta-se adiante um ementário preliminar da regulamentação de maior interesse para o licenciamento ambiental do empreendimento, incluindo-se as normas da CNEN, já que em função do caráter peculiar da evolução dos processos de licenciamento e controle das atividades nucleares no País, estas normas são praticamente as únicas que lidam com os parâmetros radiológicos em detalhe.

2.3.4. Ementário da Regulamentação de Maior Interesse para o Licenciamento

CONAMA

Resolução 001/86 Estabelece os critérios básicos e os requisitos dos Estudos de Impacto Ambiental

FEEMA

DZ-041.R-7 Diretriz para Implementação do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e do respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA)
 NT-202.R10 Critérios e Padrões de Lançamento de Efluentes Líquidos
 DZ-205.R5 Diretriz de Controle de Carga Orgânica em Efluentes Líquidos de origem Industrial
 DZ-209.R2 Diretriz de Controle de Efluentes Líquidos Industriais
 NT-213.R4 Critérios e Padrões para controle da toxicidade em efluentes líquidos industriais

GERAL - ABNT - NBR

10345 Garantia da Qualidade na aquisição, projeto e fabricação de Elementos combustíveis para Usinas Nucleoelétricas

NBR - Radioproteção

12605 Medidores e monitores de contaminação de aerossóis radioativos
 10556 Monitoração de efluentes líquidos radioativos provenientes de centrais nucleoeletricas
 11563 Radioproteção ocupacional nas áreas de pesquisa, mineração e beneficiamento de urânio e tório.
 11563 Radioproteção ocupacional nas áreas de pesquisa, mineração e beneficiamento de urânio e tório

NBR - Meio Ambiente

12085	Agentes Químicos no Ar - Coleta de aerodispersóides por filtração
10561	Água - Determinação de Resíduo Sedimentável
10664	Água - Determinação de Resíduos Sólidos
10007	Água - Amostragem de Resíduos
11174	Amostragem de Resíduos Classes II - não-inertes e III inertes
12235	Armazenamento de resíduos sólidos perigosos
12065	Atmosfera - Determinação de taxa de poeira sedimentável total
10701	Atmosfera - Determinação de pontos de amostragem em dutos e chaminés de fontes estacionárias
10004/10005/10006	Classificação de Resíduos / Testes de Solubilização e Lixiviação de Resíduos
9547	Material particulado em suspensão no ar ambiente - Determinação da concentração pelo Método do Amostrador de Grande Volume
9897	Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores

NORMAS DA CNEN

NE-1.04	Licenciamento de Instalações Nucleares
NE-1.09	Modelo Padrão para Relatório de Análise de Segurança de Fábricas de Elementos Combustíveis D.O.U. 14/11/80
NE-1.10	Segurança de Sistemas de Barragens de Rejeitos contendo Radionuclídeos D.O.U. 27/11/80
NE-1.11	Modelo Padrão para Relatório de Análise de Segurança de Usinas de Produção de Hexafluoreto de Urânio Natural
NE-1.13	Licenciamento de Minas e Usinas de Beneficiamento de Minérios de Urânio e /ou Tório D.O.U. 8/08/89
NE-1.16	Garantia da Qualidade para Usinas Nucleoelétricas
NE-1.22	Programas de Meteorologia de Apoio de Usinas Nucleoelétricas
NE-1.27	Garantia de Qualidade no Projeto, Fabricação, Uso e Disposição de Varetas, Placas e Elementos Combustíveis D.O.U. 01/09/95
NE-2.01	Proteção Física de Unidades Operacionais da Área Nuclear D.O.U. 27/08/81
NE-2.02	Controle de Material Nuclear, Equipamento Especificado e Material Especificado D.O.U. 07/06/82
NE-3.01	Diretrizes Básicas de Radioproteção
NE-3.02	Serviços de Radioproteção
NE-5.01	Transporte de materiais Radioativos D.O.U. 01/08/88

NORMAS DA CNEN (cont.)

NE-5.02	Transporte, Recebimento, Armazenagem e Manuseio de Elementos Combustíveis de Usinas Nucleoelétricas D.O.U 29/10/86
NE-5.03	Transporte, Recebimento, Armazenagem e Manuseio de Itens de Usinas Nucleoelétricas D.O.U 29/10/86
NE-6.02	Licenciamento de Instalações Radioativas D.O.U. 16/12/84
NE-6.05	Gerência de Rejeitos Radiativos em Instalações Radiativas D.O.U. 17/12/85
NE-6.06	Seleção e Escolha de Locais de Depósitos de Rejeitos Radioativos D.O.U. 14/01/90

2.3.5. Licenças do CIR

A seguir são listadas as licenças já obtidas pelo Complexo Industrial de Resende pertinentes a este projeto.

- Licença de Construção da FEC (Construção civil) - 04/05/79 - Resolução CNEN 08/79 - Dex I OF nº 34/79
- Licença de Execução das Obras Civas do Edifício de Produção da FEC correspondente à 1ª Etapa. CNEN-DExI - OF - 123/79, 31/07/79.
- Licença de Local - aprovado o local para a implementação da UC (Usina de Conversão), NUCLEI e FEC 10/8/78 - CNEN - Proc. nº 101-142/78. OF CNEN D NEx I N^O 130/78, 15/8/78.
- Relatório de influências no Meio Ambiente - Atividades Nucleares - Parte I, vol. 1 da FEEMA. Ofício nº DEATEC - 030/79, 14/09/79.
- Convênio CNEN/FEEMA à pesquisa, o planejamento e coordenação e assessoramento no controle e prevenção da degradação ambiental do Estado do Rio de Janeiro com uso de instalações nucleares, inclusive de usinas núcleo-elétricas (5/10/79).
- OF CNEN D Ex I 149/79 ao Dr. John Forman (face à legislação então vigente o licenciamento de atividades poluidoras no Est. do Rio de Janeiro, do ponto de vista convencional, deverá ser pleiteado junto à FEEMA (30.10.79). Dec-Lei Estadual nº 134/75)
- Autorização da instalação da Torre de Refrigeração para Geração de Água Fria para a primeira etapa da FEC. CNEN/DEX-I - 5/80, 24/01/80.
- Licença de construção civil da 1ª cascata - CNEN Dex - OF 29/80, de 20.06.80
- Documento da CNEN no Dex I 06/81, 19.03.81, desdobrando o licenciamento em 4 licenças especiais.
- Aprovação do Programa Pré-Operacional de Monitoração Ambiental do CIR OF/CNEN/D Ex I - 24/81

- 1ª Licença Parcial de Montagem para 1ª Cascata. CNEN-Dex-I - OF 31/81 de 30/07/81.
- 2ª Licença Parcial de Montagem da 1ª Cascata da Usina de Enriquecimento de Urânio. CNEN-Dex-I- OF 1/82. 26/01/82.
- Liberação para montagem dos sistemas de proteção contra incêndio da 1ª cascata da UDE I. CNEN/DEx-I- 012/82. 07/06/1982.
- Resolução CNEN-08/82 - Autorização para Operação Inicial (AOI) da Fábrica de Elementos Combustíveis (FEC) 2/9/82.
- Resolução CNEN 03/83 - Licença para operação permanente da FEC - 13.01.83.
- Resolução CNEN 07/83 - Licença de Construção para a Usina de Conversão em UF_6 - 23/03/1983
- Licença condicionada de início da construção da Fábrica de Elementos de Separação (FES), a ser instalada em área da FEC. CNEN-DIN-DIR-1395/87 - 10/04/87.

As cópias destas licenças encontram-se em anexo.

3. CARACTERIZAÇÃO TÉCNICA DO EMPREENDIMENTO

3.1. HISTÓRICO

A Empresas Nucleares Brasileiras S.A. (NUCLEBRÁS), criada em dezembro de 1974 como *holding* de um grupo de empresas responsáveis pela implantação do Programa Nuclear Brasileiro em correlação à assinatura do Acordo Nuclear Brasil-Alemanha com vistas à transferência de tecnologia alemã para o domínio do ciclo do combustível nuclear e da construção e operação de usinas nucleares, tinha como objetivo social as seguintes atividades:

- Realizar a pesquisa, extração e beneficiamento de minérios nucleares e associados, que resultou na lavra das jazidas de Poços de Caldas - MG e consolidação das reservas de Figueira - PR, Lagoa Real - BA e Itataia - CE;
- Construir e operar complexos mineiro-industriais para a produção de concentrado de urânio, a exemplo do Complexo Mineiro-Industrial do Planalto de Poços de Caldas (CIPC) situado no município de Caldas, Sul do Estado de Minas Gerais;
- Construir e operar unidades de purificação de concentrados de urânio e de sua conversão em hexafluoreto de urânio;
- Construir e operar instalações destinadas ao enriquecimento isotópico do urânio e seu processamento, com vistas à fabricação de elementos combustíveis para atender às necessidades de geração elétrica das usinas nucleares do tipo *pressurized water reactor* (PWR);
- Comercializar os materiais nucleares compreendidos no âmbito do monopólio da União;
- Planejar, projetar, fabricar, construir e operar centrais nucleares com reatores do tipo PWR utilizando urânio enriquecido como combustível; e
- Desenvolver a capacitação da indústria nacional.

Com respeito à fabricação de elementos combustíveis para as usinas nucleares, a NUCLEBRÁS deu início, em 1977, à implantação do Complexo Industrial de Resende, que reuniria em um só sítio as plantas de conversão do concentrado de urânio (conhecido como *yellow cake*) em hexafluoreto de urânio, de enriquecimento do hexafluoreto de urânio gasoso no seu isótopo urânio 235, de processamento (reconversão do hexafluoreto de urânio em pó de dióxido de urânio e sua peletização) e de fabricação propriamente dita dos elementos combustíveis (fabricação da estrutura, envareamento das pastilhas de dióxido de urânio e montagem final dos elementos combustíveis).

Numa primeira etapa, foi implantada a unidade de montagem dos elementos combustíveis, denominada de Unidade I da Fábrica de Elementos Combustíveis ou FEC I, com a finalidade de fabricar e montar todas as partes metálicas da estrutura, assim como encapsular sob pressão as pastilhas cerâmicas cilíndricas de dióxido de urânio levemente enriquecido nos tubos das varetas de combustível, de forma a compor os elementos combustíveis do reator nuclear a água pressurizada da usina de Angra 1. Apesar das etapas de processamento e de

enriquecimento não terem sido implantadas, a maior parte das obras civis necessárias foi realizada na ocasião. Conforme verifica-se na Figura 3.1 adiante, a área utilizada para a construção da INB já apresentava um alto grau de degradação antes de sua implantação devido a construção da Represa do Funil. Esta fotografia aérea data de maio de 1968, cerca de nove anos antes da implantação do Complexo Industrial de Resende.

Em agosto de 1988, com a reformulação do setor nuclear brasileiro, a NUCLEBRÁS foi extinta, tendo sido sucedida pela Indústrias Nucleares do Brasil S.A. no que diz respeito ao desenvolvimento das atividades industriais relacionadas ao ciclo do combustível nuclear.

A INB tem, como meta primordial, a otimização do patrimônio tecnológico adquirido ao longo desses anos e a busca de alternativas para o seu completo aproveitamento, de forma a consolidar o domínio tecnológico do ciclo do combustível nuclear, de vital importância tanto do ponto de vista estratégico no sentido da industrialização das reservas nacionais de minério de urânio, quanto do ponto de vista econômico no sentido da redução do custo do combustível para as usinas nucleares nacionais.

Assim, considerando os diversos fatores conjunturais altamente favoráveis, tais como a disponibilidade das instalações da planta da extinta NUCLEBRÁS Enriquecimento Isotópico S.A. (NUCLEI), os equipamentos e a tecnologia já adquiridos e o baixo valor do investimento necessário para a viabilização do empreendimento, e tendo em vista atender com economia de divisas à demanda do mercado nacional de combustível nuclear a ser incrementado com a entrada da usina de Angra 2 na fase de testes pré-operacionais no final de 1998 (nas projeções do setor elétrico, o Plano 2015 também prevê a operação da usina de Angra 3 até o ano de 2005), a INB decidiu pela implantação prioritária das etapas de reconversão – produção do pó de UO_2 a partir do hexafluoreto de urânio enriquecido – e de fabricação das pastilhas de combustível, as quais representam 12% do valor agregado de todo o ciclo do combustível nuclear.

3.2. DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO

3.2.1. Objetivos

O empreendimento em questão tem como objetivo principal a produção de 120 toneladas de pastilhas de combustível por ano, necessárias para o atendimento ao programa brasileiro de geração de energia nucleoe elétrica.

Para a consecução desse objetivo em consonância com o planejamento da implantação de Angra 2, foram estabelecidos os cronogramas de implantação das segunda e terceira etapas da Fábrica de Elementos Combustíveis, conforme mostrado na Figura 3.2.



Figura 3.1 VISTA AÉREA DA REGIÃO



Figura 3.2 CRONOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO - UNIDADES DE PÓ E PASTILHAS DE UO_2

3.2.2. Justificativas

3.2.2.1. Justificativas Locacionais

O Complexo Industrial de Resende está localizado no chamado vale do Nhangapi, distrito de Engenheiro Passos, município de Resende, RJ, abrangendo uma área de cerca de 600 ha limitada ao Sul com a represa da usina hidroelétrica de Funil e ao Norte com o ramal Rio-São Paulo da Rede Ferroviária Federal (RFFSA) paralelo à rodovia Presidente Dutra (BR-116); seu acesso se dá na altura do km 330 dessa rodovia. O CIR dista cerca de 170 km da cidade do Rio de Janeiro, 190 km da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAAA), 230 km da cidade de São Paulo e 300 km da cidade de Belo Horizonte (Ver a Planta de Situação apresentada no capítulo 1 anterior).

A metodologia utilizada para a identificação do local mais adequado para a implantação do CIR obedeceu aos roteiros usualmente empregados pela área nuclear para seleção de locais. Baseia-se na aplicação sistêmica de conjuntos de critérios selecionados para o tipo de instalação a ser implantada e que são definidos em função de leis e normas federais e estaduais, o que permite avaliar as condições do local em termos de parâmetros de engenharia, sócio-econômicos e ambientais.

Por este método, conjuntos de critérios são selecionados e as áreas potenciais são a eles submetidas. As áreas, que atendem ao primeiro grupo de critérios, são submetidas ao segundo grupo e assim sucessivamente até a escolha do local mais adequado. As etapas adotadas no caso em tela foram:

- Seleção da região;
- Seleção da área potencial;
- Seleção de locais potenciais; e
- Seleção do local.

Dessa forma, o método utilizado parte da aplicação de conjuntos de critérios gerais, que se tornam mais restritos e específicos nos passos seguintes. Permite, assim, com a aplicação de um primeiro conjunto de critérios gerais, selecionar a região do País. Aplicando-se a essa região um segundo conjunto de critérios, selecionam-se áreas potenciais e, assim sucessivamente, selecionam-se os locais potenciais e finalmente o local mais apropriado.

Para a avaliação das regiões e seleção do local final do Centro Industrial de Resende, foram aplicados todos os critérios estabelecidos, com maior atenção às peculiaridades do local e às demandas específicas do empreendimento proposto.

Os critérios, aplicados para a seleção do local para a implantação do CIR, procuraram considerar os seguintes requisitos de relevância:

- a) proximidade aos centros de interesse - localização entre a região de extração e beneficiamento do minério de urânio, no município de Caldas, MG (única mineração de urânio em atividade no país), e o sítio das primeiras usinas definidas pelo Programa Nuclear Brasileiro, a praia de Itaorna, no município de Angra dos Reis, RJ (local de destinação final dos elementos combustíveis);

- b) disponibilidade de infra-estrutura local - facilidade e estado de conservação dos acessos e disponibilidade de transporte rodoviário e ferroviário; localização próxima a fontes de energia elétrica e linhas de transmissão; disponibilidade de recursos hídricos; disponibilidade de serviços municipais e "facilidades", ou seja, o atendimento de serviços à população tais como saúde, educação e habitação; e proximidade a parques industriais desenvolvidos;
- c) facilidade de aquisição de insumos e outros componentes para os processos industriais;
- d) disponibilidade de terra, os tipos de terrenos e a sua estabilidade geológica, e o estado de ocupação e uso do solo;
- e) redução dos custos de implantação (preparação do sítio e construção da planta industrial) e operação do empreendimento (incluindo oferta de mão-de-obra, níveis salariais vigentes na região e outros custos periódicos ou não);
- f) facilidade quanto à obtenção de recursos humanos e apoio de universidades e dos centros de pesquisas nucleares da CNEN situados nas cidades do Rio de Janeiro (IRD e Instituto de Engenharia Nuclear - IEN), São Paulo (Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN) e Belo Horizonte (CDTN) sem, contudo, arcar com o ônus da grande densidade demográfica e industrial apresentada por essas regiões metropolitanas; e
- g) minimização dos principais impactos negativos sobre o meio ambiente em conjunto com o desenvolvimento sócio-econômico da região, além de outros resultantes de decisões administrativas.

3.2.2.2. Justificativas Tecnológicas, Econômicas e Ambientais

As segunda e terceira etapas da ampliação da FEC, cujas linhas de produção estão esquematizadas nas Figuras 3.3 e 3.4 adiante, vão utilizar o processo de via úmida para a produção de pó e pastilhas de dióxido de urânio com tecnologia fornecida pela Siemens AG (projetista e fabricante das novas unidades) empregando, como regra fundamental de segurança, o uso de massa e geometria seguras de forma a prevenir a formação de massa-crítica de material nuclear fissil, tanto para os sistemas de processo quanto para os equipamentos que, em sua grande maioria, possuirão reduzidas áreas de seção transversal e grandes comprimentos.

A produção de pó de UO_2 pelo processo por via úmida apresenta as seguintes vantagens:

- a) Flexibilidade;
- b) Utilização, como matéria-prima, tanto de hexafluoreto de urânio como de nitrato de urânio;
- c) Domínio tecnológico (patenteado e utilizado por vários anos pela Siemens sendo também utilizado pela Suécia);

Figura 3.3 LINHA DE PRODUÇÃO DE PÓ DE UO_2



Figura 3.4 LINHA DE PRODUÇÃO DE PASTILHAS DE UO_2

- d) O processo a ser adotado já se encontra em operação no Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CTMSP), garantindo a comprovação da tecnologia adotada, seja em termos ambientais, de processamento ou econômicos;
- e) Reduzido número de etapas e baixo custo operacional;
- f) Menor investimento, quando comparado com o processo de via seca;
- g) Menores prazos para o fornecimento dos equipamentos e montagem das unidades de produção, resultando em um cronograma de implantação mais favorável;
- h) As linhas de produção de pó e pastilhas de dióxido de urânio irão ocupar 65% da área do prédio existente (originalmente projetado para a instalação da usina de enriquecimento isotópico de urânio pelo processo de jato centrífugo), permitindo o compartilhamento de 50% dessa área para a instalação da futura unidade de enriquecimento isotópico pelo processo de ultracentrifugação (conforme classificação das áreas na Figura 3.5 e *Lay-Out* geral da FEC II no desenho anexo AB-000-02-002) e, dessa maneira, reduzindo os investimentos necessários para a construção civil;
- i) As Unidades de Produção de Pó e Pastilhas de Dióxido de Urânio aproveitarão várias utilidades e facilidades anteriormente instaladas para enriquecimento de urânio, tais como: circuito de ventilação englobando os sistemas de insuflamento, exaustão e condicionamento de ar; sistema elétrico de alta, média e baixa tensão; sistemas de alimentação elétrica de emergência estático e com grupos diesel-gerador; circuitos de gases abrangendo linhas de hidrogênio, nitrogênio e ar comprimido; circuito de água industrial englobando as estações de captação e tratamento d'água; sistemas de produção de água desmineralizada e geração de vapor; tanques e bacias para tratamento de efluentes líquidos e gasosos; vestiário; salas de controle radiológico; laboratórios químico e físico-químico; sala de descontaminação radioativa; e lavanderia.
- j) O processo adotado, por via úmida, gera subprodutos e rejeitos, estes sob a forma de emissões atmosféricas, efluentes líquidos e resíduos sólidos. Os fluxogramas esquemáticos nas Figuras 3.6 e 3.7, mostram a geração dos subprodutos obtidos no processo de recuperação de urânio (fluoreto de cálcio ou fluorita, utilizado como fundente para o setor metalúrgico, e cloreto de amônio, utilizado como insumo para fertilizantes) e principais rejeitos (emissões atmosféricas e efluentes líquidos), os quais revelam-se menos agressivos ao meio ambiente, em comparação com o processo por via seca.



Figura 3.5 CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS DA UNIDADE II

Figura 3.6 FLUXOGRAMA DO TRATAMENTO DOS REJEITOS E EFLUENTES LÍQUIDOS



Figura 3.7 EMISSÕES ATMOSFÉRICAS

3.2.2.3. Justificativas Sociais

A implantação do empreendimento implicará em maiores oportunidades de trabalho em âmbito regional e nacional, considerando a crescente participação da mão-de-obra e tecnologia próprias, em virtude da criação de programas de nacionalização e qualificação de peças e componentes em processo de contínuo desenvolvimento.

Do ponto de vista fiscal (ICMS e tributos locais), o empreendimento terá impactos diretos e indiretos – estes devidos aos efeitos multiplicador e acelerador – favoráveis, ampliando a arrecadação dos Estados e municípios e criando condições para maiores investimentos e despesas correntes em infra-estrutura e serviços públicos.

3.3. CARACTERIZAÇÃO TÉCNICA DO EMPREENDIMENTO

3.3.1. Introdução

A ampliação em tela da Fábrica de Elementos Combustíveis do CIR corresponde à implantação das segunda e terceira etapas originalmente previstas na área da FEC II, compostas pelas Unidades de Produção de Pó e Pastilhas de Dióxido de Urânio (UO_2), respectivamente (conforme Arranjo Básico no desenho AB-000-02-001 e *lay-out* da FEC II no desenho AB-000-02-002, apresentados no Anexo).

3.3.2. Definições

A área nuclear, a exemplo de várias outras, dispõe de uma terminologia própria, inerente ao seu ramo de atividade. Não sendo esta uma área de amplo domínio da maioria dos profissionais, e como essa terminologia será bastante utilizada na descrição do empreendimento e em etapas posteriores no desenvolvimento deste trabalho, considerou-se pertinente a definição dos principais termos usados na área nuclear.

Acidente - desvio inesperado e significativo das condições normais de operação de uma instalação nuclear, que possa resultar em danos à propriedade e ao meio ambiente, ou em exposições de trabalhadores e indivíduos do público acima dos limites primários de dose equivalente estabelecidos pela CNEN;

Acidente de Criticalidade Nuclear - estabelecimento de reação de fissão nuclear com subida repentina e descontrolada de potência;

Acidente de Transporte – evento inesperado durante um transporte de cargas, envolvendo danos a pessoas, bens, meios de transporte ou cargas;

Água Leve (símbolo: H_2O) - água comum. A água leve encontra aplicação, nos reatores nucleares, como refrigerante e moderador;

Água Pesada (símbolo: D_2O) - água contendo uma proporção significativamente maior de átomos de deutério – isótopo do hidrogênio – em relação aos átomos de hidrogênio. A água pesada é usada como moderador em alguns reatores, devido à sua eficácia na redução da energia dos nêutrons rápidos e, também, devido à sua baixa seção de choque de absorção de nêutrons;

ALARA (acrônimo inglês para *as low as reasonably achievable* “tão baixo quanto razoavelmente exequível”) - um conceito que significa que o projeto e uso das instalações nucleares, e as práticas a elas associadas, sejam tais que assegurem que as exposições sejam mantidas tão baixas quanto razoavelmente praticáveis, levando-se em conta fatores técnicos, econômicos e sociais;

Aprovação Especial de Transporte (*special arrangement*) - ato pelo qual a CNEN autoriza o transporte de expedição que não satisfaz todos os requisitos aplicáveis da norma CNEN-NE 5.01 - “Transporte de Materiais Radioativos”, desde que o nível geral de segurança desse transporte seja no mínimo equivalente àquele em que todos os requisitos aplicáveis desta norma são satisfeitos. Para transportes internacionais deste tipo, é necessária aprovação multilateral;

Aprovação Normal de Transporte – ato pelo qual a CNEN autoriza o transporte de expedição que satisfaz os requisitos aplicáveis da norma CNEN-NE 5.01;

Área de Exclusão - área estabelecida em torno da FEC II, para a qual é proibido o acesso a pessoas não-autorizadas pelo proprietário, e dimensionada tal que um indivíduo, situado em qualquer ponto no seu limite por duas horas consecutivas imediatamente após o acidente postulado da instalação nuclear, não receberá uma dose equivalente efetiva maior que 0,25 Sv e uma dose equivalente comprometida na tiróide maior que 3 Sv;

Área Controlada - área restrita, na qual as doses equivalentes efetivas anuais podem ser iguais ou superiores a três décimos do limite primário para trabalhadores, ou seja, iguais ou superiores a 15 mSv;

Área de Controle - área adjacente à área de impacto, na qual não são esperados efeitos devido à liberação de efluentes radioativos líquidos e gasosos para o meio ambiente;

Área de Impacto - geralmente é a área mais próxima da instalação nuclear, onde são esperadas manifestações de efeitos decorrentes da liberação de efluentes líquidos e gasosos para o meio ambiente;

Área Livre - área isenta de regras especiais de segurança, onde as doses equivalentes efetivas anuais não ultrapassam o limite primário para indivíduos do público;

Área Protegida - área de segurança mantida sob constante proteção, cercada por uma barreira física com número reduzido de acessos controlados e que envolve:

- . uma ou mais áreas vitais da mesma instalação nuclear, ou
- . uma instalação nuclear desprovida de área vital;

Área Restrita - área sujeita a regras especiais de segurança, na qual as condições de exposição podem ocasionar doses equivalentes efetivas anuais superiores a dois centésimos do limite primário para trabalhadores, i. e., superiores ao limite de dose para indivíduos do público de 1 mSv, conforme estabelecido na Tabela I da norma CNEN-NE 3.01 - “Diretrizes Básicas de Radioproteção”. Subdivide-se em Área Supervisionada e Área Controlada;

Área Supervisionada - área restrita, na qual as doses equivalentes efetivas anuais são mantidas inferiores a três décimos do limite primário para trabalhadores, i.e., inferiores a 15 mSv;

Área Vigia - área de segurança adjacente e exterior a uma ou mais áreas protegidas, mantida sob constante vigilância, cercada e demarcada com avisos e sinais adequados, que alertam se tratar de área de segurança com acesso controlado;

Área Vital - área de segurança necessariamente interna a uma área protegida, contendo equipamento vital e/ou material nuclear de categoria I no interior de uma estrutura, cujas paredes, teto e piso constituem barreira física;

Assentamentos - registros de todos os dados obtidos a partir da monitoração individual, monitoração de área, gerenciamento de rejeitos ativos, exames médicos, etc.;

Atividade (de uma quantidade de radionuclídeo em um determinado estado de energia a um dado tempo) - grandeza expressa por:

$$A = dN/dt$$

onde: dN é o valor médio esperado do número de transições nucleares espontâneas daquele estado de energia no intervalo de tempo dt

A unidade de atividade é denominada becquerel (Bq): 1 Bq = 1 dps

A antiga unidade curie (Ci) é, às vezes, usada na prática: 1 Ci = $3,7 \times 10^{10}$ Bq;

Atividade Específica – atividade de um radionuclídeo por unidade de massa do mesmo. No caso de um material no qual o radionuclídeo está uniformemente distribuído, é a atividade por unidade de massa do material;

Barreira Física - cercas, paredes ou muros, tetos e pisos possuindo características de construção e resistência compatíveis com a natureza.

Calor Residual - calor produzido pelo contínuo decaimento de átomos radioativos em um reator após o seu desligamento, quando o número de fissões é praticamente nulo. A maior parte do calor residual provém do decaimento radioativo dos produtos de fissão;

Captura de Nêutrons - processo no qual um núcleo atômico absorve ou captura um nêutron. A probabilidade que um dado material capture nêutrons é medida pela sua seção de choque de captura de nêutrons, que depende da energia dos nêutrons e da natureza do material;

Carregamento - ato de colocar o elemento combustível dentro do recipiente de transporte, ou o elemento combustível ou componentes do núcleo dentro do núcleo do reator;

Carregamento do núcleo - conjunto de operações necessárias para a colocação, no núcleo do reator, de uma carga completa de elementos combustíveis e respectivos componentes do núcleo;

Ciclo do Combustível - série de processos cíclicos envolvidos no preparo do combustível para reatores nucleares de potência;

Combustível Nuclear - material físsil ou contendo nuclídeos físséis que, quando utilizado em um reator nuclear, possibilita uma reação nuclear em cadeia;

Comunicações de Segurança - ligações internas e externas, estabelecidas pelos órgãos do SIPRON, com a finalidade de atender as suas necessidades de segurança;

Concentração de Ar Derivada (CAD) - limite derivado para a concentração de um dado radionuclídeo no ar – Bq/cm³ – que, se inalado pelo homem de referência durante um ano de 2.000 horas, sob condições de esforço físico moderado – taxa de respiração de 1,2 m³/h –, resultaria na inalação correspondente ao Limite de Incorporação Anual (LIA); ou então representa a concentração no ar tal que, se o homem de referência permanecer 2.000 horas por ano imerso nela resultaria em qualquer órgão ou tecido uma dose igual ao limite estabelecido. Os valores de CAD e LIA para os diversos radionuclídeos, bem como as doses máximas permitidas para os vários órgãos, são encontrados na Tabela VII da norma CNEN-NE 3.01;

Condições Limites de Operação - níveis mínimos de desempenho ou de capacidade de funcionamento de sistemas ou componentes exigidos para a operação segura da instalação nuclear, conforme definidos nas Especificações Técnicas;

Contaminação Radioativa ou, simplesmente, Contaminação - presença indesejável de materiais radioativos em pessoas, materiais, meios ou locais;

Contêiner – acessório de equipamento de transporte de carga, projetado para acondicionar em seu interior mercadorias, com embalagem ou não, de modo a facilitar o seu carregamento monolítico por um ou mais meios de transporte, sem carregamento intermediário, e com as seguintes características essenciais:

- . fechamento permanente durante o transporte, sendo rígido e suficientemente forte para uso repetitivo; e
- . equipado com dispositivos que auxiliem o seu manuseio, particularmente na transferência de um meio de transporte para outro;

Um contêiner pode ser usado como embalagem se os requisitos aplicáveis forem satisfeitos, ou usado para servir como envoltório em um pacote de embalados. É considerado contêiner

pequeno aquele cuja maior dimensão externa é inferior a 1,5 m ou cujo volume interno não é superior a 3 m³. Os demais são considerados contêineres grandes;

Conteúdo Radioativo – material radioativo contido no interior da embalagem, incluindo quaisquer outros materiais sólidos, líquidos ou gasosos contaminados;

Criticalidade Nuclear ou, simplesmente, Criticalidade - estado ou condição de um meio multiplicador de nêutrons contendo material fissil, – que pode ser o núcleo do reator –, cujo fator de multiplicação seja igual à unidade, ou seja, no qual se possa desenvolver um processo auto-sustentável de fissão nuclear;

Decaimento Radioativo - transformação de um radionuclídeo em um nuclídeo diferente ou em um estado de energia diferente do mesmo nuclídeo, tendendo para um estado mais estável. O decaimento pode se processar por emissão de partículas alfa, partículas beta, por captura nuclear, por ejeção de elétrons orbitais e por fissão nuclear;

Descontaminação radioativa ou, simplesmente, Descontaminação - remoção de contaminantes radioativos de superfícies ou equipamentos como, por exemplo, a limpeza e lavagem com produtos químicos;

Detector - material ou dispositivo sensível às radiações e capaz de produzir um sinal de resposta possível de ser medido ou analisado. Instrumento para detectar radiações;

Deutério (símbolo ²H ou D) - um isótopo do hidrogênio, cujo núcleo contém um nêutron e um próton sendo, portanto, cerca de duas vezes mais pesado do que o núcleo do hidrogênio normal, que contém um só próton. O deutério é também conhecido como hidrogênio pesado, ocorrendo na natureza na proporção de 1 átomo para cada 6.500 átomos de hidrogênio normal (¹H). Não é radioativo;

Dose - quantidade de energia cedida pela radiação por unidade de massa do meio no qual interage. Ela é classificada em duas categorias: dose equivalente, quando a radiação libera sua energia ao ser humano provocando danos biológicos, e dose absorvida, quando esta energia é cedida a qualquer meio, inclusive ao homem;

Dose Absorvida - quantidade de energia liberada por unidade de massa, no local de interesse, por qualquer tipo de radiação ionizante a qualquer meio absorvedor. Em outras palavras, a dose absorvida é dada pelo quociente entre a energia média de depositada pela radiação ionizante em um elemento de volume dv do meio considerado e a sua massa dm :

$$D = d\bar{\epsilon} / dm$$

Dose Equivalente ou, simplesmente, Dose - grandeza equivalente à dose absorvida no corpo humano, modificada de modo a constituir uma avaliação do efeito biológico da radiação ionizante, sendo expressa por:

$$H = D \times Q$$

onde:

D é a dose absorvida em um ponto de interesse do tecido ou órgão humano; e
Q é o fator de qualidade da radiação no ponto de interesse;

Dose Equivalente Efetiva - grandeza expressa por:

$$H_E = \sum_T \omega_T \cdot \bar{H}_T$$

onde:

ω_T é o fator de ponderação para o tecido ou órgão T; e
 H_T é a dose equivalente média no tecido ou órgão T;

Dose Equivalente Comprometida (para uma dada incorporação) - dose equivalente, que será acumulada em um tecido ou órgão nos cinquenta anos após o instante da admissão no corpo humano, expressa por:

$$H_{T,50} = \int_{t_0}^{t_0+50} \dot{H}_T(t) \cdot dt$$

onde:

H_T é a taxa de dose equivalente no tecido ou órgão T resultante da incorporação; e
 t_0 é o instante da admissão;

Dose Equivalente Efetiva Coletiva ou, simplesmente, Dose Coletiva - grandeza expressa por:

$$S_E = \sum_i \bar{H}_{E,i} \cdot P_i$$

onde:

P_i é o número de indivíduos do grupo i da população, no qual a dose equivalente efetiva média é $\bar{H}_{E,i}$;

Dose Equivalente Efetiva Comprometida (para uma dada incorporação) - dose equivalente efetiva, que será acumulada nos cinquenta anos após o instante da admissão no corpo humano, expressa por:

$$H_{E,50} = \int_{t_0}^{t_0+50} \dot{H}_E(t) \cdot dt$$

onde:

$\dot{H}_E(t)$ é a taxa de dose equivalente efetiva resultante da incorporação; e
 t_0 é o instante da admissão;

Dosímetro - dispositivo que mede a dose total de radiação acumulada pelo usuário durante um determinado intervalo de tempo. Exemplos: filme dosimétrico, caneta dosimétrica e dosímetro termoluminescente;

Dps (desintegrações por segundo) - unidade de atividade (1 dps = 1 Bq);

Dpm (desintegrações por minuto) - unidade de atividade - (1 dpm = 60 dps = 60 Bq);

Efeito Estocástico da Radiação - aquele em que a probabilidade ou risco de um efeito biológico ocorrer, e não sua severidade, é uma função da dose, sem haver um valor limiar. Exemplos: indução de câncer e efeitos genéticos;

Efeito Determinístico (Não-Estocástico) da Radiação - aquele em que a severidade do efeito biológico varia com a dose, e para o qual existe um valor limiar. Exemplos: catarata, danos nos vasos sanguíneos e infertilidade;

Elemento Combustível - grupo de componentes construtivamente independentes – varetas de combustível, tubos-guia, placas, pinos e outros – contendo combustível nuclear que, em circunstâncias normais, constitui uma unidade estrutural desde sua fabricação até seu eventual reprocessamento;

Elemento Combustível Irrradiado ou Usado - elemento combustível, que exposto à irradiação em um reator nuclear, contém uma quantidade representativa de produtos de fissão, não podendo mais sustentar uma reação em cadeia;

Elétron – é uma partícula fundamental com carga elétrica negativa de 1,602 E-19 Coulombs, são os elementos básicos do átomo, distribuídos ao redor do núcleo em camadas e sua estrutura eletrônica é responsável pelas propriedades químicas do átomo;

Embalado – volume apresentado para transporte, abrangendo a embalagem e respectivo conteúdo radioativo;

Embalagem – conjunto de componentes necessários para encerrar completamente o conteúdo radioativo, podendo consistir de um ou mais invólucros ou recipientes, materiais absorventes, estruturas para espaçamento, blindagem para radiações, e dispositivos para resfriamento, para absorção de choques mecânicos e para isolamento térmico. Pode-se apresentar como uma caixa, tambor ou recipiente similar, e também como um contêiner ou tanque, em conformidade com os requisitos para embalados;

Emergência - qualquer situação anormal na instalação nuclear, que possa ter como consequência um acidente radiológico, danos à propriedade ou ameaça física ao público em geral;

Enriquecimento - razão entre o peso combinado dos isótopos de urânio 235 e urânio 233 e o peso total do urânio em questão;

Equipamento Especificado - equipamento especialmente projetado ou preparado para o processamento, uso ou produção de material nuclear ou material especificado;

Equipamento Vital - equipamento, sistema, dispositivo ou material cuja falha, destruição, remoção ou liberação é capaz de, direta ou indiretamente, provocar uma situação de emergência para a unidade operacional em que estiver localizado;

Especificações Técnicas - especificações referentes a características – variáveis, sistemas ou componentes – da instalação nuclear de importância para a segurança nuclear e a radioproteção, e que fazem parte integrante da Autorização para Operação da instalação nuclear;

Eventos Iniciais Postulados – eventos que levem a ocorrências operacionais previstas e condições de acidente;

Excursão de Potência - súbita e rápida elevação de potência do reator, causada pela supercriticalidade;

Expedição - qualquer carga de material radioativo ou embalagem apresentada para transporte pelo expedidor;

Expedidor - qualquer pessoa física ou jurídica, assim denominada nos documentos regulamentares, que apresenta uma expedição para transporte;

Exposição - irradiação externa ou interna de pessoas com radiação ionizante. Termo também empregado para denominar a grandeza usada na avaliação da quantidade de radiação incidente num volume elementar de ar, cuja unidade atual é o coulomb por quilograma (C/kg) que substitui o roentgen (R);

Exposição Acidental - exposição involuntária e imprevisível em condições de acidente;

Exposição de Emergência - exposição deliberadamente ocorrida durante situações de emergência, exclusivamente no interesse de:

- . salvar vidas;
- . prevenir a escalada de acidentes que possam acarretar mortes; ou
- . salvar uma instalação de vital importância para o País;

Exposição Externa - exposição devido a fontes de radiação ionizante externa ao corpo humano;

Exposição Interna - exposição devida a fontes de radiação ionizante interna ao corpo humano, proveniente de incorporação de material radioativo;

Exposição Natural - exposição resultante de materiais radioativos naturais existentes no corpo humano e da radiação natural de fundo;

Exposição Ocupacional - exposição de um indivíduo considerado como trabalhador ocupacional. A dose total devido a este tipo de exposição é a soma das doses oriundas de fontes externas e internas, que atingirem o corpo durante as horas de trabalho;

Fall-out - material radioativo que retorna à Terra após uma explosão nuclear. Apresenta duas formas. A primeira, chamada de *fall-out* local, consiste de partículas densas lançadas na atmosfera por explosões nucleares, as quais retornam à Terra dentro de 24 horas perto do local da detonação e numa área não muito extensa, dependendo das condições meteorológicas. A outra forma, denominada de *fall-out* global, consiste de partículas leves, que atingem a troposfera e estratosfera sendo distribuídas numa grande área da Terra pela circulação atmosférica. Essas partículas chegam à Terra principalmente devido à ação da neve e da chuva, em períodos de meses a anos.

Fator de Multiplicação (símbolo: k) - Razão entre o número de nêutrons presentes em um reator numa determinada geração e o número de nêutrons da geração imediatamente anterior. Para um reator real, com dimensões finitas e no qual existem fugas de nêutrons, usa-se o fator

de multiplicação efetiva k_{ef} e a relação é baseada no número de nêutrons disponíveis no reator, descontadas as fugas;

Fator de Multiplicação Efetivo (símbolo: k_{eff}) - Razão entre o número total de nêutrons produzidos em um dado intervalo de tempo, em um meio multiplicador finito, e o número total de nêutrons – térmicos + rápidos – perdidos por absorção ou fuga, nesse mesmo intervalo de tempo;

Fator de Ponderação (símbolo: ω_T) - quociente entre o risco estocástico para o tecido ou órgão T e o risco total para o corpo humano inteiro, devido a uma distribuição homogênea da dose equivalente em todos os órgãos e tecidos;

Fator de Qualidade (símbolo: Q) - fator modificador da dose absorvida, que caracteriza a eficácia de um determinado tipo de radiação como função da transferência linear de energia (L_∞) da radiação na água. Para feixes monoenergéticos de prótons e nêutrons, pode-se empregar os valores definidos nas Tabelas III A e III B da norma da CNEN-NE 3.01;

Fator de Qualidade Efetivo (símbolo: \bar{Q}) - fator de qualidade de uma radiação não-monoenergética, expresso por:

$$\bar{Q} = (1/v) \int_0^\infty Q \cdot (dD/dL_\infty) \cdot dL_\infty$$

Desconhecendo-se a distribuição da dose absorvida (D) em função da transferência linear de energia (L_∞) da radiação na água, deve-se empregar os valores médios estabelecidos na Tabela III C da norma da CNEN-NE 3.01;

Fonte de Radiação ou, simplesmente, Fonte - aparelho ou material que emite ou é capaz de emitir radiação ionizante;

Fonte Selada - material radioativo contido de forma encapsulada, não havendo possibilidade de sua dispersão, em condições normais de operação;

Força de Apoio - Organização militar das Forças Armadas, organização policial-militar ou de bombeiros militares, repartição da Polícia Federal, da Polícia Civil Estadual e de outras polícias, que tenham jurisdição na área em que a proteção física se faça necessária e que sejam capazes de apoiar o SIPRON;

Ganga - matéria mineral rochosa ou terrosa inútil, que ocorre junto com o minério metálico ou outros minérios valiosos de um filão ou jazida;

Garantia da Qualidade – conjunto de ações sistemáticas e planejadas necessárias para proporcionar confiança adequada de que uma estrutura, sistema, componente ou instalação funcionará satisfatoriamente em serviço, ou conjunto das ações sistemáticas de controles e inspeções implementadas pelas organizações envolvidas no transporte de materiais radioativos, objetivando prover garantia adequada de que os padrões de segurança estabelecidos na norma CNEN-NE 5.01 sejam alcançados na prática;

Gray (símbolo: Gy) - unidade da grandeza de dose absorvida que relaciona a quantidade de

energia liberada, no local de interesse, por qualquer tipo de radiação por unidade de massa do material irradiado. Um gray corresponde a um joule de energia cedida pela radiação à massa de um quilograma do meio no qual interage. Esta unidade substituiu o rad (*radiation absorbed dose*) por recomendação da IAEA aos países membros, cabendo ressaltar que o EUA não atendeu a essa recomendação até o presente momento, continuando a usar a unidade rad $\therefore 1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$;

Grupo Crítico (para fontes de radiação especificadas) - grupo de membros da população, cuja exposição é razoavelmente homogênea e típica dos indivíduos que recebem as maiores doses equivalentes ou doses equivalentes efetivas;

Homem de Referência - modelo de adulto hipotético, incluindo características fisiológicas e anatômicas, adotado pela CNEN em conformidade com as recomendações da International Commission on Radiological Protection (ICRP) em sua publicação ICRP-23 de 1975;

Incorporação de Material Radioativo ou, simplesmente, Incorporação - atividade de determinado material radioativo no instante de sua admissão no corpo humano por inalação, ingestão ou penetração através da pele ou de ferimentos;

Índice de Dose Equivalente Profunda – $H_{I,d}$ (**em um dado ponto de interesse**) - dose equivalente máxima que ocorre a uma profundidade igual ou superior a 1 cm da superfície de uma esfera de 30 cm de diâmetro, constituída de tecido mole, centrada no ponto de interesse. Na prática, usa-se esta grandeza para estimar o valor da dose equivalente efetiva (H_E) no tecido mole, com a esfera posicionada à altura do tórax $\therefore H_{I,d} \leq H_E$;

Índice de Dose Equivalente Superficial – $H_{I,s}$ (**em um ponto de interesse**) - dose equivalente máxima que ocorre a uma profundidade menor do que 1 cm e maior ou igual a 0,007 cm – valor equivalente à espessura da camada morta da pele – da superfície de uma esfera de 30 cm de diâmetro, constituída de tecido mole, centrada no ponto de interesse. Na prática, usa-se esta grandeza para estimar o valor da dose equivalente efetiva (H_E) na pele, com a esfera posicionada à altura do tórax $\therefore H_{I,s} \leq H_E$;

Índice de Transporte (IT) – número atribuído a um embalado, pacote de embalados, tanque ou contêiner com material radioativo, ou a material BAE-I ou OCS-I a granel, com a finalidade de estabelecer, conforme aplicável:

- . o controle da exposição à radiação e da criticalidade nuclear;
- . limites de conteúdo radioativo;
- . categorias para rotulação;
- . requisitos para uso exclusivo;
- . requisitos de espaçamento durante o armazenamento em trânsito;
- . restrições de mistura durante o transporte realizado mediante aprovação especial de transporte e durante armazenamento em trânsito; e
- . o número de embalados permitido em um contêiner ou em uma unidade de transporte;

Indivíduo do Público - qualquer membro da população não exposto ocupacionalmente à radiação, inclusive trabalhadores, estudantes e estagiários quando ausentes das áreas restritas da instalação radiativa ou nuclear;

Inspeção – ação de controle da qualidade que, por meio de exame, observação ou medição, determina a conformidade de itens, processos e procedimentos com os requisitos da qualidade pré-estabelecidos;

Instalação Nuclear - instalação na qual material nuclear é produzido, processado, reprocessado, utilizado, manuseado ou estocado em quantidades relevantes, a juízo da CNEN. Em outras palavras, instalação nuclear significa:

- . um reator, um conjunto crítico, uma planta de conversão, uma planta de fabricação, uma planta de reprocessamento, uma planta de separação de isótopos ou uma unidade de armazenamento separada; ou
- . qualquer lugar onde material nuclear é habitualmente usado ou estocado em quantidades superiores a um quilograma efetivo;

Instalação Radiativa- estabelecimento ou instalação onde se produzem, utilizam, transportam ou armazenam fontes de radiação, excetuando-se as instalações nucleares e os veículos transportadores de fontes de radiação, quando estas não são partes integrantes dos mesmos;

Liberação – descarga de material radioativo – sólido, líquido ou gasoso – de uma instalação nuclear;

Limite Autorizado - limite especial estabelecido pela CNEN dentro do contexto da radioproteção, sempre inferior ao correspondente limite primário ou limite secundário, e que prevalece sobre o mesmo, sendo aplicável somente em circunstâncias específicas;

Limite Derivado - limite estabelecido pela CNEN, ou pela gerência da FEC II, com base em modelo realístico da situação e aprovado pela CNEN, de modo que o seu cumprimento implique em virtual certeza da observância do limite primário ou limite secundário a ele relacionado;

Limite de Incorporação Anual (LIA) - valor da incorporação anual de um dado radionuclídeo pelo homem de referência, que resultaria em uma dose equivalente efetiva comprometida de 50 mSv, ou em uma dose equivalente comprometida no cristalino de 150mSv, ou em uma dose equivalente comprometida de 500 mSv em qualquer outro tecido ou órgão; é um limite secundário para exposição interna ocupacional. Os valores de LIA para os diversos radionuclídeos são encontrados na Tabela VII da norma CNEN-NE 3.01;

Limite Ocupacional - limite estabelecido pela CNEN dentro do contexto da radioproteção, aplicável a trabalhadores, estudantes, aprendizes e estagiários, cujas atividades envolvam o emprego de radiação;

Limite Operacional - limite estabelecido pela gerência da FEC II, obrigatoriamente inferior ao correspondente limite estabelecido pela CNEN;

Limites Primários - limites básicos no contexto da radioproteção estabelecidos na Tabela I da norma CNEN-NE 3.01, tanto para o trabalhador ocupacional quanto para o indivíduo do público;

- . para a dose equivalente anual em tecidos e órgãos, incluídas todas as doses equivalentes comprometidas devido a incorporações; e
- . para a dose equivalente efetiva anual, abrangidas as doses equivalentes efetivas comprometidas devido a incorporações;

Os limites para o controle dos efeitos estocásticos são expressos em termos de dose equivalente efetiva, e os limites para prevenir os efeitos determinísticos (não-estocásticos) são expressos em termos de dose equivalente.

Limites Secundários - condições limites estabelecidas na Tabela I da norma CNEN-NE 3.01 em substituição aos limites primários, aplicáveis ao conjunto dos valores anuais do índice de dose equivalente superficial, índice de dose equivalente profunda e incorporações, quando há carência de informação relativa à distribuição de dose equivalente no corpo humano;

Massa Crítica - menor quantidade de material físsil capaz de produzir uma reação em cadeia auto-sustentável sob condições estabelecidas;

Materiais do Interesse do Programa Nuclear Brasileiro – materiais nucleares, materiais radioativos, materiais especificados, equipamentos vitais e equipamentos especificados envolvidos em projetos e atividades do Programa Nuclear Brasileiro;

Material Especificado - material especialmente preparado para o processamento, uso ou produção de material nuclear;

Material Físsil - Plutônio 238, plutônio 239, plutônio 241, urânio 233, urânio 235 ou qualquer combinação desses radionuclídeos. Estão excluídos desta especificação, para fins de transporte, urânio natural e urânio empobrecido não-irradiados ou que tenham sido somente irradiados em reatores térmicos;

Material Nuclear - os elementos nucleares ou seus subprodutos definidos na Lei nº 4.118, de 27 de agosto de 1962, tais como: plutônio 239, urânio 235 ou 233, urânio enriquecido nos isótopos 235 ou 238, urânio contendo mistura isotópica igual à encontrada na natureza, urânio empobrecido no isótopo 235, tório com pureza nuclear ou qualquer material que contenha um ou mais dos anteriores. São excluídos desta definição minérios e ganga;

Material Radioativo - material que contém substâncias emissoras de radiação eletromagnética ou particulada, direta ou indiretamente ionizante;

Material Radioativo Não-Salvaguardado (especificamente para a FEC II) - qualquer material que emita radiação ionizante, com exceção das pastilhas de combustível e dos elementos combustíveis;

Material Radioativo Salvaguardado (especificamente para a FEC II) - são as pastilhas de combustível e os elementos combustíveis, sob a guarda e responsabilidade do setor de salvaguardas nucleares. Esse material é submetido a regras especiais de controle, impostas pela CNEN e pela IAEA, tais como fluxo de material, controle contábil e de inventário, bem como a proteção física do mesmo;

Meia-Vida - tempo necessário para que uma substância radioativa perca 50% de sua atividade por desintegração;

Meia-Vida Biológica - tempo requerido para um sistema biológico – por exemplo, um homem ou um animal – eliminar, por processos naturais, metade da quantidade de um radionuclídeo que tenha sido absorvido por aquele organismo;

Meia-Vida Efetiva - tempo requerido para um radionuclídeo contido em um sistema biológico – um homem ou um animal – reduzir a sua atividade pela metade, em um resultado combinado entre o decaimento radioativo e a eliminação biológica;

Meio de Transporte - expressão que abrange qualquer:

- . veículo, para transporte rodoviário ou ferroviário;
- . embarcação, porão, paiol ou praça definida do convés, para transporte aquaviário; ou
- . aeronave, para transporte aéreo;

Moderador - material de baixo peso atômico, como a água comum, a água pesada ou o grafite, utilizado no reator para diminuir a alta velocidade dos nêutrons rápidos, aumentando então a probabilidade desses nêutrons provocarem a fissão nuclear;

Monitoração Radiológica ou, simplesmente, Monitoração - medição de grandezas relativas à radioproteção, para fins de avaliação e controle das condições radiológicas das áreas de uma instalação nuclear ou do meio ambiente, de exposições ou de materiais radioativos e materiais nucleares;

Monitoração de Área - avaliação e controle das condições radiológicas das áreas da instalação nuclear, incluindo medição de grandezas relativas a:

- . campos externos de radiação;
- . contaminação de superfícies; e
- . contaminação atmosférica;

Nível de Interferência - nível de referência que, ao ser alcançado ou quando previsto de ser excedido, requer medidas de interferência nos procedimentos de operação normal – cujos detalhes dependem de cada situação em particular –, a fim de corrigir uma situação claramente inaceitável ou dano;

Nível de Investigação - nível de referência que, ao ser alcançado ou quando previsto de ser excedido, faz com que os resultados do programa de monitoração da grandeza envolvida justifiquem investigações de causas e conseqüências;

Nível de Referência - valor pré-estabelecido para determinada grandeza medida ou avaliada através da implementação de um programa integrante do plano de radioproteção, com a finalidade de determinar a ação inicial a ser desenvolvida quando esse valor é alcançado ou previsto de ser excedido. Essa ação visa impedir que o limite estabelecido para uma particular condição radiológica seja ultrapassado;

Nível de Registro - nível de referência que, ao ser alcançado ou quando previsto de ser

excedido, faz com que os resultados do programa de monitoração da grandeza envolvida devam ser registrados;

Nuclídeo - termo geral aplicado a todas as formas atômicas dos elementos, compreendendo todos os isótopos de todos os elementos. Os nuclídeos são diferenciados pelos seus números atômicos, massas atômicas e estados de energia;

Operação Normal – operação que inclui todas as condições e eventos possíveis de ocorrer no curso da operação pretendida, quando realizada sob controles administrativos e procedimentos especificados dentro das condições limites de operação e sem ocorrências que possam afetar a segurança;

Pacote de Embalados ou, simplesmente, Pacote (*overpack* no trato internacional) – volume apresentado para transporte, constituído de uma embalagem coletora sem necessidade de atender aos requisitos para contêineres – tal como uma caixa ou saco –, contendo um grupo de dois ou mais embalados;

Partícula Alfa - partícula carregada positivamente e emitida pelo núcleo de certos materiais radioativos, composto-se de dois nêutrons e dois prótons ligados entre si, de forma idêntica ao núcleo do átomo de hélio. É a menos penetrante das radiações ionizantes, podendo ser blindada por uma folha de papel;

Partícula Beta - partícula elementar, emitida por um núcleo durante o seu decaimento radioativo, possuindo carga elétrica unitária e massa igual a 1/1837 da de um próton. Uma partícula beta carregada negativamente é idêntica a um elétron, enquanto que aquela carregada positivamente é chamada de pósitron;

Plano de Emergência - conjunto de medidas a serem implementadas em caso de situação potencial ou real de acidente;

Plano de Proteção Física (PPF) – documento sigiloso que descreve a proteção física de determinada unidade operacional, de acordo com os requisitos da norma CNEN-NE 2.01 – “Proteção Física de Unidades Operacionais da Área Nuclear”;

Programa Nuclear Brasileiro (PNB) - conjunto dos projetos e atividades relacionados com a utilização da energia nuclear, segundo orientação, controle e supervisão do Governo Federal;

Proteção Física - conjunto de medidas destinadas a evitar ato de sabotagem contra material, equipamento e instalação, a impedir a remoção não-autorizada de material, em especial nuclear, e prover meios para a rápida localização e recuperação de material desviado, e a defender o patrimônio e a integridade física do pessoal de uma unidade operacional;

Próton – é uma partícula sub-atômica, de núcleo estável, com carga elétrica positiva e número de massa unitário; forma o núcleo de todos os átomos junto com o nêutron;

Quilograma Efetivo - unidade especial para quantificação de material nuclear, utilizada na contabilização e controle de materiais nucleares sob o aspecto de salvaguarda. A quantidade em quilogramas efetivos é obtida, tomando-se:

- . para plutônio, seu peso em quilogramas;
- . para o urânio com um enriquecimento de 1% e acima, seu peso em quilogramas multiplicado pelo quadrado do seu enriquecimento;
- . para urânio com um enriquecimento abaixo de 1% e acima de 0,5%, seu peso em

quilogramas multiplicado por 0,0001; e
para urânio empobrecido com um enriquecimento de 0,5% ou abaixo, e para tório, seu peso em quilogramas multiplicado por 0,00005;

Rad (acrônimo inglês para *radiation absorbed dose* – “dose de radiação absorvida”) - antiga unidade de dose de absorvida. Uma dose de 1 rad significa a absorção de 100 ergs de energia de radiação por grama de material absorvedor;

Radiação Ionizante ou, simplesmente, Radiação - qualquer partícula ou radiação eletromagnética que, ao interagir com a matéria, ioniza direta ou indiretamente seus átomos ou moléculas;

Radiação Natural ou Radiação de Fundo - radiação de origem cósmica ou de elementos radioativos naturais existentes no meio ambiente ou no organismo humano, sem que o nível de radiação original devido a essas fontes tenha sido aumentado por atividades humanas;

Radioatividade - decaimento espontâneo ou desintegração de um núcleo atômico instável, usualmente acompanhado pela emissão de radiação ionizante;

Radioatividade Induzida - radioatividade criada, quando uma substância é bombardeada com nêutrons – como em uma explosão nuclear ou em um reator – ou com partículas carregadas produzidas por aceleradores;

Radioisótopo - isótopo radioativo. Isótopo instável de um elemento que decai ou se desintegra espontaneamente, emitindo radiação;

Radioproteção ou Proteção Radiológica - conjunto de medidas legais, técnicas e administrativas que visam proteger o homem e o meio ambiente de possíveis efeitos indevidos causados pela radiação ionizante, de acordo com princípios básicos estabelecidos pela CNEN;

Raios Cósmicos - radiação dos mais diversos tipos, mas basicamente constituída por núcleos atômicos – basicamente prótons – com altíssimas energias, tendo sua origem fora da atmosfera terrestre. A radiação cósmica é parte da radiação de fundo – ou radiação natural –, sendo que alguns raios cósmicos são mais energéticos do que qualquer forma de radiação produzida pelo homem;

Raios Gama - radiação eletromagnética com alta energia e frequência – com pequeno comprimento de onda – emitida por um núcleo, que frequentemente acompanha as emissões alfa e beta e sempre acompanha as fissões. São muito penetrantes, podendo ser blindados por materiais densos como o chumbo;

Reação em Cadeia - Reação que estimula a sua própria repetição. Numa reação de fissão nuclear em cadeia, um núcleo de um material físsil absorve um nêutron e fissiona-se, liberando nêutrons adicionais. Estes, por seu turno, podem ser absorvidos por outros núcleos físséis, liberando mais nêutrons;

Reação em Cadeia Auto-Sustentável - reação de fissão nuclear em que o número de

nêutrons liberados em um determinado tempo é igual ou excede o número de nêutrons perdidos pela absorção em materiais não-fisíveis ou por escape do sistema. Nesse caso, o fator de multiplicação k é igual ou maior que um;

Reação Nuclear - reação produzindo mudança em um núcleo atômico, tal como fissão, fusão, captura de nêutrons e decaimento radioativo. O termo serve para distingui-la de uma reação química, que está limitada a mudanças na estrutura dos elétrons que envolvem o núcleo do átomo;

Reator a Água Pressurizada (PWR) - reator nuclear de potência, no qual o calor é transferido do seu núcleo para um trocador de calor por meio de água – que é mantida sob alta pressão no ciclo primário para alcançar altas temperaturas sem entrar em ebulição –, de forma a produzir vapor nos trocadores de calor – geradores de vapor – do ciclo secundário;

Reator de Pesquisa - reator projetado basicamente para fornecer nêutrons ou outra radiação ionizante, para fins experimentais. Pode ser utilizado para treinamento, testes de material e produção de radioisótopos;

Reator de Potência - reator projetado para produzir potência útil, como distinção dos reatores destinados à pesquisa ou à produção de radiação ou de materiais fisíveis;

Reator Térmico - reator, no qual a reação de fissão em cadeia é auto-sustentável principalmente por nêutrons térmicos. A maioria das usinas nucleares atuais possui esse tipo de reator;

Recipiente Carregado – recipiente contendo elementos combustíveis, como apresentado para transporte;

Recipiente de Transporte de Elemento Combustível ou, simplesmente, Recipiente – conjunto de componentes necessários para o acondicionamento de elementos combustíveis para o transporte;

Rejeitos Radioativos - qualquer material sólido, líquido ou gasoso produzido na FEC II, que contenha radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de isenção estabelecidos na norma CNEN-NE 6.02, seção 12, e, para o qual, a reutilização é imprópria ou não previsível;

Rem (acrônimo inglês para *roentgen equivalent man* – “equivalente humano do roentgen”) - antiga unidade de dose equivalente, que leva em consideração os danos biológicos provocados pela radiação no ser humano. Foi substituída pela unidade sievert, adotada pelo Sistema Internacional de Unidades (SI) e recomendada pela IAEA aos países membros. Cabe ressaltar, que o EUA não atendeu esta recomendação até o presente momento, continuando a usar a unidade rem. ∴ 1 rem corresponde a $1 \text{ cSv} = 10^{-2} \text{ Sv}$;

Réplica de Elemento Combustível – elemento com características geométricas, físicas e mecânicas idênticas ao elemento combustível, usado para testar os equipamentos do sistema de manuseio, bem como para treinamento do pessoal envolvido no carregamento do núcleo do reator e na colocação e retirada do elemento combustível do recipiente;

Requerente – pessoa jurídica, autorizada na forma da lei, que requer à CNEN a Licença de Construção e/ou Autorização para Operação da instalação nuclear;

Roentgen (símbolo: R) - unidade especial de exposição. Um roentgen corresponde à quantidade de raios X ou gama necessários para produzir íons em um cm³ de ar, nas condições normais de temperatura e pressão, cuja soma das cargas elétricas dos elétrons freados no meio é igual a uma unidade eletrostática. Em termos simples, um roentgen corresponde a $2,08 \times 10^9$ pares de íons por cm³ de ar, formados por radiação gama ou X, que são coletados sob condições de equilíbrio eletrostático ou quando a soma das cargas elétricas dos íons de um mesmo sinal for igual a $2,58 \times 10^{-4}$ C/kg;

Sabotagem – qualquer ato deliberado contra uma unidade operacional capaz de, direta ou indiretamente, colocar em perigo a saúde e a segurança dos empregados e do público em geral;

Salvaguardas - conjunto de medidas destinadas à proteção e ao controle de material nuclear especial, com o objetivo de evitar seu desvio dos fins permitidos em lei ou tratado;

Segurança Nuclear - conjunto de medidas preventivas de caráter técnico incluídas no projeto, na construção, na manutenção e na operação de uma unidade operacional do SIPRON, destinadas a evitar a ocorrência de acidente ou atenuar o efeito deste;

Serviço de Proteção Física (SPF) – entidade constituída com vistas à execução e manutenção do Plano de Proteção Física de uma unidade operacional;

Sievert (símbolo: Sv) - equivalente de dose de uma radiação igual a 1 joule por quilograma. Nova unidade de dose equivalente, adotada pelo Sistema Internacional de Unidades (SI) e recomendada pela IAEA aos países membros. Substituiu a unidade rem. Cabe ressaltar, que o EUA não atendeu esta recomendação até o presente momento, continuando a usar a unidade rem. ∴ 1 Sv = 100 rem;

Situação de Emergência - situação anormal de um projeto ou atividade do PNB que, a partir de um determinado momento, foge ao controle planejado e pretendido pelo órgão encarregado de sua execução, demandando a implementação do Plano de Emergência;

Sistema de Proteção ao Programa Nuclear Brasileiro (SIPRON) - Sistema, cujo órgão central é a Secretaria de Assuntos Estratégicos (SAE) da Presidência da República, que tem como objetivos assegurar o planejamento integrado e coordenar a ação conjunta e execução continuada de providências que visam a atender às necessidades de segurança das atividades, das instalações e dos projetos nucleares brasileiros, particularmente do pessoal neles empregado, bem como da população e do meio ambiente com eles relacionados;

Tecido Mole - material homogêneo, com densidade de 1g/cm³, cuja composição relativa, em termos de massa, é de 76,2% de oxigênio, 11,1% de carbono e 2,6% de nitrogênio;

Transferência Linear de Energia – L_∞ (de uma partícula carregada em um meio) - grandeza expressa por:

—

$$L_{\infty} = dE/dl$$

onde: \overline{dE} é a energia média perdida por colisão em um elemento de comprimento dl da trajetória da partícula;

Trabalhador - empregado da INB ou de firma contratada, usuário de filme dosimétrico que, em consequência do seu trabalho a serviço da FEC II, possa vir a receber, por ano, doses equivalentes superiores aos limites primários para indivíduo do público estabelecidos na Tabela I da norma CNEN-NE 3.01;

Transportador – qualquer pessoa física ou jurídica, proprietária ou exploradora do meio de transporte responsável pela realização do transporte de material radioativo;

Transporte de Material Radioativo – expressão que abrange todas as operações e condições associadas e envolvidas na movimentação de material radioativo remetido de um local a outro, incluindo tanto as condições normais como as condições de acidente;

Trício ou Trítio (símbolo: ³H) - isótopo radioativo do hidrogênio com dois nêutrons e um próton no núcleo. É um produto artificial, sendo mais pesado que o deutério;

Unidade de Transporte (UT) – unidade operacional compreendendo o conjunto dos meios de transporte sob chefia única, quando utilizado em transporte de materiais de interesse para o PNB;

Unidade Operacional - unidade, cuja atividade se relaciona com a produção, utilização, processamento, reprocessamento, manuseio, transporte ou estocagem de materiais de interesse para o PNB;

Usina Nucleoelétrica – instalação nuclear fixa, dotada de um único reator para produção de energia elétrica;

Uso Exclusivo - uso, com exclusividade, por um único expedidor, de uma unidade de transporte, de um meio de transporte ou de um grande contêiner com comprimento mínimo de 6 metros, de modo que quaisquer operações de carga e descarga sejam realizadas segundo orientação do expedidor ou do destinatário;

Vida-Média - o conceito de vida-média é análogo ao adotado pelas companhias de seguro de vida, as quais não têm como prever exatamente a data de falecimento de um dado indivíduo, mas podem estabelecer com precisão o tempo médio de vida esperado para uma determinada população. O instante de desintegração de um certo átomo é impossível de ser determinado, no entanto a vida-média de um conjunto de átomos de um dado radionuclídeo pode ser calculada matematicamente, cujo valor é igual ao inverso da constante de decaimento ($1/\lambda$);

Vigilância – observação permanente efetuada por pessoas, animais ou dispositivos elétricos, eletromecânicos ou eletrônicos;

Visitante - empregado não-cadastrado como usuário de filme dosimétrico e indivíduo do público; e

Zona de Baixa População - área imediatamente contígua à área de exclusão da FEC II, determinada pela posição onde um indivíduo, localizado no seu limite exterior, não receberá uma dose equivalente efetiva maior que 0,25 Sv no corpo inteiro nem uma dose equivalente comprometida na tiróide maior que 3 Sv, durante todo o período de passagem da pluma radioativa devida ao acidente postulado da instalação nuclear.

3.3.3. Critérios Básicos do Projeto

3.3.3.1. Premissas Básicas

Foram adotadas as seguintes premissas básicas de projeto das fábricas:

- a) A Unidade Produção de Pó de UO₂, ou Unidade de Reconversão, terá capacidade nominal de 120 t/ano e uma capacidade teórica máxima de 150 toneladas anuais, para atendimento às demandas de pastilhas de UO₂ relativas às necessidades de combustível das usinas nucleares do tipo PWR e/ou similares, bem como à eventual demanda contratual firmada com terceiros no campo do uso pacífico da energia nuclear;
- b) A Unidade de Produção de Pastilhas de Dióxido de Urânio terá capacidade nominal de 100 toneladas anuais de pastilhas de UO₂ e uma capacidade máxima de 120 t/ano;
- c) As fábricas produzirão pó e pastilhas de UO₂ a partir do hexafluoreto de urânio (UF₆) enriquecido no seu isótopo urânio 235 (²³⁵U) em, no máximo, 5% em peso e não proveniente de processos de reprocessamento;
- d) As fábricas serão montadas na área atualmente reservada para a antiga Unidade II da FEC, de tal forma a não descaracterizar ou inviabilizar o uso de parte dessa instalação para a futura implantação do processo de enriquecimento isotópico de urânio por ultracentrifugação;
- e) Será efetuado o máximo aproveitamento da infra-estrutura predial e de sistemas auxiliares da Unidade II da FEC, em consonância com as respectivas normas técnicas aplicáveis para tal fim. Serão criadas, contudo, barreiras físicas e técnicas, de forma a garantir a separação entre a Unidade de Produção de Pó de UO₂ e a futura fábrica de enriquecimento isotópico de urânio por ultracentrifugação;
- f) Serão atendidas as condições de operação das fábricas nos casos normais, anormais, de emergências e nos casos de falhas, com o objetivo de se atingir os requisitos de segurança exigidos pela natureza de um processo da área nuclear. Foram considerados, no dimensionamento do prédio, a concepção estrutural que melhor se adequava ao conceito de modularidade do projeto, os materiais e suas características, as ações e as solicitações preconizadas na norma ABNT-NB 5/78, conforme as condições ambientais locais e as condições gerais de utilização do prédio, os esquemas estáticos resistentes, os processos de cálculo previstos e os critérios de dimensionamento e verificação das estruturas no estado limite último de acordo com a norma ABNT-NB 1/78;
- g) Foi adotado para ambas as fábricas o confinamento dos seus equipamentos, de forma a

eliminar do ambiente pó e poeira de UO_2 . As fábricas foram projetadas, e serão montadas e operadas de modo a proporcionar um alto grau de confinamento dos materiais radioativos. O confinamento primário do material radioativo será proporcionado pelo próprio equipamento de processo. Como os níveis de radiação gama encontrados no manuseio de urânio apresentam taxas de dose muito baixas, não haverá necessidade de blindagens especiais. As fontes de emissão beta de grandes áreas serão revestidas com material de baixo número atômico, com a finalidade de se minimizar o nível de radiação nas áreas de operação;

- h) O sistema de confinamento consistirá de uma série de barreiras estruturais e de um sistema de ventilação com insuflamento e exaustão, de modo a criar condições de pressão subatmosférica nas áreas contaminadas de tal forma a direcionar o fluxo de ar no sentido das áreas mais limpas para aquelas com maior nível de contaminação radioativa. O sistema de exaustão foi projetado de maneira que o ar exaurido através de seus filtros tenha níveis de radiação tão baixos quanto razoavelmente exequíveis (TBQRE ou, em inglês, *as low as reasonably achievable - ALARA*);
- i) As fábricas serão dotadas de sistemas específicos de tratamento e gerenciamento de rejeitos, de forma a compatibilizá-las com as normas internacionais e nacionais aplicáveis;
- j) Sendo as Unidades de Produção de Pó e Pastilhas de UO_2 projetos independentes, foi elaborado e implementado para ambas um adequado programa e sistema de garantia da qualidade, contemplando as fases de projeto, montagem, comissionamento, operação comercial e desativação das instalações;
- k) O projeto prevê uma ampliação dos sistemas, de modo a atender a capacidade máxima de produção das Unidades de Pó e de Pastilhas de UO_2 e a futura implantação da usina de enriquecimento de urânio, mantendo inalteradas as características dos circuitos auxiliares já disponíveis para tal finalidade;
- l) O processo de seleção e especificação considerou uma padronização dos itens a serem utilizados no projeto, de modo a buscar um máximo aproveitamento dos materiais, equipamentos, instrumentos e componentes disponíveis;
- m) Os principais equipamentos da Fábrica de Pó e outros complementares da Fábrica de Pastilhas estão sendo adquiridos junto à Siemens;
- n) Serão também utilizados equipamentos já existentes na Unidade II, tais como: fornos de sinterização Degusa/Brasimet do tipo GWSMo 16/14/210, estufa e navetas de molibdênio;
- o) Os sistemas auxiliares e de utilidades da antiga Unidade II serão reformados e/ou expandidos, assim como serão projetados e montados alguns outros novos, devido à implantação dos novos processos de produção;
- p) Os sistemas de instrumentação e controle, projetados originalmente pela Siemens para as Fábricas de Produção de Pó e Pastilhas de UO_2 , serão tecnicamente avaliados e modificados (no contexto da análise de segurança e incorporados ao Relatório Final de Análise de Segurança) de modo a serem adequados às instalações em construção e

montagem de acordo com o critério de aproveitamento ao máximo dos equipamentos, instrumentos, componentes, recursos e instalações já existentes. Tais sistemas irão, sempre que tecnicamente possível e economicamente viável, prover recursos que permitam uma operação remota dos equipamentos com atuação direta e automática ou, no mínimo, que disponham de controles supervisórios e intertravamentos para garantir a segurança operacional do processo em regimes de produção normal e anormal ou na ocorrência de eventuais incidentes ou acidentes;

- q A filosofia de instrumentação e controle difere em alguns sistemas ou circuitos de processo, devido à diretriz de aproveitamento ao máximo dos equipamentos, instrumentos, componentes, recursos e instalações já existentes, em contraste com a implantação de outros totalmente novos e com tecnologia atual. Mesmo assim, sempre que tecnicamente possível e economicamente viável, o projeto ou adequação desses sistemas provê recursos que permitam uma operação remota dos equipamentos com atuação direta e automática ou, no mínimo, controles supervisórios e intertravamentos que garantam a segurança operacional do processo em regime de produção normal ou nas eventuais situações de emergência;
- r A mesma filosofia de controle e/ou operação, seja automática, semi-automática ou manual, aplicada nas diferentes etapas do processo, bem como os critérios de redundância e especificação de equipamentos intrinsecamente seguros, irão também abranger todos os demais sistemas voltados à segurança industrial e à proteção radiológica;
- § No processamento do urânio enriquecido, serão tomadas providências especiais no sentido de se evitar condições para a formação de massa-crítica de material físsil, que provocaria um acidente de criticalidade nuclear. A proteção contra a criticalidade nuclear durante o processamento será conseguida através do projeto adequado de todos os equipamentos e recipientes empregados nas fábricas. A segurança durante as operações de estocagem e manuseio do pó e pastilhas de UO₂ será obtida por meio da disposição conveniente de todos os equipamentos de processo nas suas instalações, bem como por meio da limitação da quantidade e geometria dos materiais físsis manuseados;
- t Serão aplicadas as técnicas de proteção radiológica com o objetivo de assegurar níveis de radiação tão baixos quanto razoavelmente exequíveis, em obediência às normas nacionais e internacionais vigentes;
- u Será adotado um conjunto de medidas de contabilização, dispositivos de contenção e equipamentos de vigilância destinado a detectar e evitar o desvio e o uso não-autorizado de material nuclear. As medidas de contabilização serão implementadas através de procedimentos destinados a determinar a quantidade de material nuclear, bem como a variação dessas quantidades nas instalações da fábrica; e
- v A qualificação final, tanto das fábricas quanto dos produtos, será realizada por empresa ou organismo capacitado para tal finalidade, conforme normas nacionais e internacionais pertinentes, através de acompanhamento do processo produtivo e análise de partidas de pastilhas sinterizadas oriundas de partidas de pó de UO₂ correspondentes.

3.3.3.2. Normas e Procedimentos Gerais

São adotadas as seguintes normas e/ou procedimentos gerais, referentes a projeto e dimensionamento de equipamentos, construção civil, montagem industrial, sistemas e dispositivos de segurança industrial, radiológica, patrimonial e ambiental das fábricas:

NORMAS DA CNEN

NE-1.16	Garantia da Qualidade para Usinas Nucleoelétricas
NE-1.09	Modelo Padrão para Relatório de Análise de Segurança de Fábricas de Elementos Combustíveis D.O.U. 14/11/80
NE-1.10	Segurança de Sistemas de Barragens de Rejeitos contendo Radionuclídeos D.O.U. 27/11/80
NE-1.11	Modelo Padrão para Relatório de Análise de Segurança de Usinas de Produção de Hexafluoreto de Urânio Natural
NE-1.13	Licenciamento de Minas e Usinas de Beneficiamento de Minérios de Urânio e /ou Tório D.O.U. 08/08/89
NE-1.27	Garantia de Qualidade no Projeto, Fabricação, Uso e Disposição de Varetas, Placas e Elementos Combustíveis D.O.U. 01/09/95
NE-2.01	Proteção Física de Unidades Operacionais da Área Nuclear D.O.U 27/08/81
NE-2.02	Controle de Material Nuclear, Equipamento Especificado e Material Especificado D.O.U. 07/06/82
NE-5.01	Transporte de materiais Radioativos D.O.U. 01/08/88
NE-5.02	Transporte, Recebimento, Armazenagem e Manuseio de Elementos Combustíveis de Usinas Nucleoelétricas D.O.U 29/10/86
NE-5.03	Transporte, Recebimento, Armazenagem e Manuseio de Itens de Usinas Nucleoelétricas D.O.U 29/10/86
NE-6.02	Licenciamento de Instalações Radioativas D.O.U. 16/12/84
NE-6.05	Gerência de Rejeitos Radiativos em Instalações Radiativas D.O.U. 17/12/85
NE-6.06	Seleção e Escolha de Locais de Depósitos de Rejeitos Radioativos D.O.U. 14/01/90

ABNT - NBR - Geral

10345	Garantia da Qualidade na Aquisição, Projeto e Fabricação de Elementos Combustíveis para Usinas Nucleoelétricas
-------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

ABNT - NBR - Radioproteção

12605	Medidores e monitores de contaminação de aerossóis radioativos
10556	Monitoração de efluentes líquidos radioativos provenientes de centrais nucleoeletricas
11563	Radioproteção ocupacional nas áreas de pesquisa, mineração e beneficiamento de urânio e tório.
11563	Radioproteção ocupacional nas áreas de pesquisa, mineração e beneficiamento de urânio e tório

ABNT - NBR - Meio Ambiente

12085	Agentes Químicos no Ar - Coleta de aerodispersóides por filtração
10561	Água - Determinação de Resíduo Sedimentável
10664	Água - Determinação de Resíduos Sólidos
10007	Água - Amostragem de Resíduos
11174	Amostragem de Resíduos Classes II - não-inertes e III inertes
12235	Armazenamento de resíduos sólidos perigosos
12065	Atmosfera - Determinação de taxa de poeira sedimentável total
10701	Atmosfera - Determinação de pontos de amostragem em dutos e chaminés de fontes estacionárias
10004/10005/10006	Classificação de Resíduos/ Testes de Solubilização e Lixiviação de Resíduos
9547	Material particulado em suspenso no ar ambiente - Determinação da concentração pelo Método do Amostrador de Grande Volume
9897	Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores

PRINCIPAIS NORMAS E REFERÊNCIAS INTERNACIONAIS:

- IAEA TEC DOC No. 423;
- ORO - 651 Rev. 5;
- US NRC Regulatory Guides Nos. 3.25, 3.26, 3.42 , 3.54 e 1109;
- IAEA Safety Series Nos. 72 , 91 e 115-1;
- NFPA 30 , 31, 50A e códigos NEC para classificação de áreas;
- Normas DIN; e
- Normas ASTM para vasos de pressão.

Os critérios do projeto de instrumentação e controle são aqueles especificados pelas normas aplicáveis, ditados pela boa técnica ou fundamentados na experiência profissional, de modo a garantir a segurança operacional e manutenção segura das instalações.

3.3.4. Finalidade das Fábricas

As fábricas destinam-se à produção de pó e de pastilhas de dióxido de urânio, utilizando o processo de via úmida de tecnologia da Siemens e operando com capacidade variável entre 70 e 120 toneladas anuais de dióxido de urânio, conforme a flutuação da demanda de pastilhas de combustível. As capacidades máximas serão de respectivamente 150 toneladas anuais para a Fábrica de Pó e 120 toneladas anuais para a Fábrica de Pastilhas.

As fábricas funcionarão como unidades de produção em série, sendo a Fábrica de Pastilhas alimentada pela Fábrica de Pó de UO_2 . As fábricas serão montadas com *lay-out* de processo em linha (etapas sucessivas) disposto em forma de 'L', com o vértice pivotado no sistema de prensagem da Fábrica de Pastilhas (região da prensa), conforme mostrado na Planta de Localização.

A principal matéria-prima do processo de produção de pó de UO_2 será o hexafluoreto de urânio (UF_6), com nível de enriquecimento em ^{235}U de até 5% em peso. Os demais insumos do processo serão respectivamente amônia (NH_3), gás carbônico (CO_2), hidrogênio (H_2) e vapor d'água. Será também utilizado ácido nítrico (HNO_3) no processo TCAU, para a recuperação de pó de pastilhas fora de especificação.

Outros insumos, relativos aos processos de purificação do pó, recuperação de urânio, pré-tratamento de rejeitos e outros, serão os seguintes: ácido nítrico, conforme já mencionado, metanol (CH_3OH), prestol, peróxido de hidrogênio (H_2O_2), nitrogênio gasoso (N_2), hidróxido de alumínio [$Al(OH)_3$], hidróxido de cálcio [$Ca(OH)_2$], água desmineralizada, ar comprimido e energia elétrica.

Como principal matéria-prima do processo de produção de pastilhas de UO_2 , vai se ter o pó de UO_2 , obtido na Unidade de produção de Pó ou de fornecedor externo, com nível de enriquecimento de ^{235}U de, no máximo, 5% em peso. Os demais insumos do processo serão respectivamente hidrogênio (H_2), nitrogênio gás (N_2), água desmineralizada, ar de processo e energia elétrica.

3.3.5. Funcionamento Geral

As fábricas funcionarão mantendo características de *lay-out* em linha, operando em sistema de bateladas de produção, no caso da Fábrica de Pó, e em produção específica por máquina, no caso da Fábrica de Pastilhas, exigindo a participação de 137 pessoas distribuídas nas áreas de operação, manutenção, controle de qualidade, segurança e administração. Cada fábrica apresenta as seguintes características gerais:

3.3.5.1. Unidades de Produção

a) Unidade de Produção de Pó

- Regime Operacional

Operará com turnos de revezamento de 6 horas para o pessoal de operação, manutenção, proteção radiológica e segurança, sendo cada produção considerada para períodos de oito horas (três períodos por dia), com previsão inicial para 70% de disponibilidade da planta,

conforme discriminado a seguir:

- batelada padrão (forno de leito fluidizado) 120 kg U = 137 kg UO_2 ;
- produção por cada período de 8 horas 200 kg U = 230 kg UO_2 ;
- ano base = 52 semanas;
- 15 turnos por semana (segunda 22:00 h a sexta 22:00 h) 3 t U = 3,45 t UO_2 ;
- 16 turnos por semana (segunda 22:00 h a sábado 06:00 h) 3,2 t U = 3,68 t UO_2 ; e
- 17 turnos por semana (segunda 22:00 h a sábado 13:00 h) 3,4 t U = 3,91 t UO_2

- Volume de produção em função da disponibilidade das fábricas

- 70% de disponibilidade - período de 36 a 37 semanas de produção (operação regular, com muitas interferências de manutenção e pessoal pouco treinado):

15 turnos por semana a 3 t/sem U = produção de 110 t/ano U;

16 turnos por semana a 3,2 t/sem U = produção de 117 t/ano U; e

17 turnos por semana a 3,4 t/sem U = produção de 124 t/ano U.

- 80 % de disponibilidade - período de 42 semanas de produção (operação muito boa, com poucas interferências de manutenção e pessoal bem treinado):

15 turnos por semana a 3 t/sem U = produção de 126 t/ano U;

16 turnos por semana a 3,2 t/sem U = produção de 134 t/ano U; e

17 turnos por semana a 3,4 t/sem U = produção de 143 t/ano U.

- 90 % de disponibilidade - período de 47 semanas de produção (operação excelente, com mínimas interferências de manutenção e pessoal muito bem treinado - caso ideal):

15 turnos por semana a 3 t/sem U = produção de 141 t/ano U;

16 turnos por semana a 3,2 t/sem U = produção de 150 t/ano U; e

17 turnos por semana a 3,4 t/sem U = produção de 160 t/ano U.

b) Unidade de Produção de Pastilhas de UO_2

- Regime Operacional

Operará também com turnos de revezamento de 6 horas para o pessoal de operação, manutenção, proteção radiológica e segurança, sendo a produção avaliada em horas trabalhadas por equipamento a cada período de oito horas (24 horas por dia), com a previsão inicial de 85% de disponibilidade por máquina principal do processo (prensa, fornos de sinterização e retífica).

3.3.5.2. Descrição Operacional do Processo

Todo o processo de produção das unidades será realizado por quatro grandes sistemas específicos, a saber: sistemas de processo, sistemas de utilidades, sistemas auxiliares de processo e sistemas de serviço. Cada um dos mesmos é composto por sistemas menores e seus

respectivos circuitos, de maneira que a identificação de atividades comuns de uma mesma etapa da produção possa ser adequadamente descrita.

3.3.6. Sistemas de Processo

Os sistemas de processo são subdivididos, basicamente, em produção do pó (obtenção e recuperação de compostos de urânio) e produção de pastilhas:

3.3.6.1. Produção de Pó

A produção do pó de UO_2 compreenderá cinco atividades de operação industrial distintas:

- Manutenção do parque de insumos de processo;
- Recepção e qualificação de cilindros 30B;
- Produção do pó de UO_2 ;
- Recuperação de compostos de urânio; e
- Carregamento dos homogeneizadores da Fábrica de Pastilhas e/ou armazenamento do pó de UO_2 .

O Pátio de Estocagem de Cilindros de UF_6 (Figura 3.8) terá aproximadamente 2.700 m² de área e será localizado ao Sul da Unidade II da FEC. A escolha da sua localização levou em consideração o melhor aproveitamento das instalações e equipamentos, tendo em vista os aspectos de segurança e facilidade operacional e de forma a reduzir o investimento necessário. Toda a área do Pátio de Estocagem de Cilindros de UF_6 terá pavimentação reforçada com laje de concreto armado, apoiada diretamente sobre o solo, devidamente preparado. Para os acessos ao Pátio de Estocagem de Cilindros de UF_6 , está prevista a mesma pavimentação dos arruamentos existentes, i.e., serão utilizados bloquetes intertravados.

Sua capacidade foi dimensionada para permitir o armazenamento seguro de 50 cilindros do tipo 30B (com a capacidade máxima de 2,7 toneladas de UF_6 enriquecido, totalizando 135 toneladas).

Como prática internacional, a armazenagem dos cilindros será realizada a céu aberto, sendo os cilindros devidamente identificados para fins de controle. A geometria da disposição dos cilindros do tipo 30B levará em consideração as condições de criticalidade para um nível de enriquecimento do UF_6 de até 5% de ^{235}U .

Os diversos insumos do processo serão alimentados na Fábrica de Pó, após terem sido realizadas as adequadas operações de controle de qualidade e técnicas nos pátios externos de tancagem (sistemas de amônia, metanol, gás carbônico, hidrogênio gasoso e outros). Os cilindros do tipo 30B, contendo UF_6 na forma sólida à temperatura ambiente de 25 °C, após serem inspecionados quanto à contaminação externa, emissão total e peso, serão armazenados temporariamente no pátio de estocagem de cilindros na sala de estocagem provisória. Daí serão levados para a sala da autoclave, para serem diretamente colocados na autoclave para a evaporação do UF_6 por meio de aquecimento com vapor d'água saturado, ou permanecerão na estocagem provisória (capacidade máxima de três cilindros). O vapor de UF_6 será misturado a uma corrente gasosa de CO_2 e enviado ao circuito de precipitação. Nesse circuito, a mistura de UF_6 com CO_2 , juntamente com uma corrente de NH_3 , será alimentada no vaso

precipitador contendo uma solução aquosa carbonatada, para precipitar o tricarbonato de amônio e uranila [TCAU ou $NH_4UO_2(CO_3)_3$]. Terminada a reação de precipitação, o TCAU será enviado ao circuito de filtragem, para ser filtrado a vácuo, lavado e secado no precipitador. Uma vez concluídas as operações no circuito de filtragem, o TCAU seco (com teor de umidade igual ou menor que 0,8%) será transportado pneumáticamente para o circuito de redução química. Nesse circuito, o pó de TCAU será alimentado, por meio do ciclone alimentador, a um forno de leito fluidizado sofrendo redução química a UO_2 , através de passe em contracorrente de H_2 e vapor superaquecido à temperatura de $560\text{ }^\circ\text{C}$. De forma a reduzir o teor de fluoretos do pó de UO_2 assim obtido, existirá uma etapa adicional de pirohidrólise a $650\text{ }^\circ\text{C}$ na ausência de H_2 . Concluída, então, a operação de redução química, o pó de UO_2 será descarregado por gravidade para um vaso de processo, para ser resfriado e parcialmente reoxidado com ar seco, para diminuição de sua reatividade.

Figura 3.8 PÁTIO DE ESTOCAGEM DE CILINDROS DE UF_6

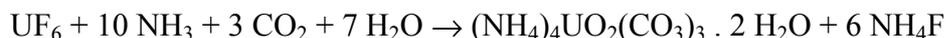
Essa operação será necessária devido ao pó de UO₂ possuir características pirofóricas na saída do forno de leito fluidizado, que impedem o seu manuseio nas condições ambientes. O pó de UO₂ será, então, transportado em tambores (contendo aproximadamente 80 kg UO₂) para o circuito de homogeneização da Fábrica de Produção de Pastilhas e lá alimentado pneumaticamente para os homogeneizadores, ou então armazenado temporariamente em recipientes e áreas especiais (Depósito de Pó), conforme procedimentos específicos de salvaguardas.

O filtrado, gerado no circuito de filtração, será enviado ao sistema de recuperação de compostos de urânio, para ser feita a precipitação do peróxido fluorurato de amônio [APOFU ou (NH₄)₂UO₄F₂], no caso de utilização da rota de UF₆ para a produção de UO₂, ou do peróxido nitrato de urânio [APONU ou (NH₄)₂UO₄(NO₃)₂], no caso do uso da rota de nitrato de urânio. Os precipitados de APOFU ou APONU serão levados aos filtros rotativos e daí ao forno de leito fluidizado, produzindo então o UO₂, o qual será reintroduzido no processo no circuito de homogeneizadores da Fábrica de Produção de Pastilhas. O efluente líquido final em qualquer um dos casos (com concentração de urânio ≤ 0,5 ppm) será enviado ao sistema de processamento de rejeitos líquidos radioativos.

a) Química do Processo e Princípios Físico-Químicos

O UF₆ é sólido à temperatura ambiente, sublimando-se a 56,2°C e fundindo sob pressão de 1,52 bar a 64,05°C. A 95°C, a pressão de vapor sobre o líquido é de aproximadamente 3,25 bar. A conversão do UF₆ em UO₂ é feita através do produto intermediário TCAU.

O UF₆ é inicialmente aquecido a 100°C, sendo feita a retirada do UF₆ na forma gasosa para o precipitador. No precipitador, o UF₆ reage simultaneamente com NH₃, CO₂ e H₂O, formando o TCAU, conforme a reação:

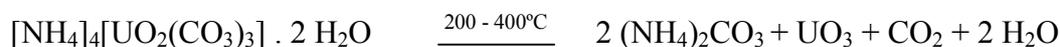


onde $(\text{NH}_4)_4\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3 \cdot 2 \text{H}_2\text{O} = \text{TCAU}$

A qualidade do TCAU (tamanho do grão, capacidade de escoabilidade e teor de F) pode ser controlada, dentro de certos limites, por meio de:

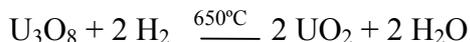
- velocidade de precipitação;
- temperatura; e
- valor de pH.

A precipitação é conduzida sob condições de pH controlado em torno de 8,2 e à temperatura de cerca de 60°C. O produto precipitado, TCAU, tende a sedimentar-se bruscamente na suspensão e, para evitar a formação de grumos, recircula-se continuamente a suspensão por bombeamento. O TCAU em suspensão na solução de fluoreto de amônio é filtrado a vácuo e secado. A seguir, a torta sofre decomposição e redução a UO₂ em forno de leito fluidizado. A decomposição térmica do TCAU realiza-se segundo as equações:





A redução do U₃O₈ se dá pelo hidrogênio:



Os fluoretos presentes no pó de TCAU são removidos pelo vapor d'água na etapa de pirohidrólise, sendo o flúor extraído sob forma de ácido fluorídrico. Os produtos de reação NH₃, CO₂, H₂O e HF são dirigidos para a lavadores de gases, através de filtros do tipo vela de aço inoxidável sinterizado.

b) Descrição das Etapas de Produção

O UF₆ será reconvertido em pó de UO₂ pelo processo patenteado pela Siemens, denominado “processo TCAU” (Figura 3.9 - Fluxograma da Unidade de Reconversão - Processo). Esse processo compreende basicamente as seguintes fases:

- Vaporização do UF₆;
- Esvaziamento e limpeza dos cilindros de UF₆;
- Precipitação do TCAU (a partir do UF₆ gasoso e do nitrato de uranila);
- Reprecipitação do TCAU;
- Filtração da suspensão de TCAU;
- Redução do TCAU a UO₂;
- Estabilização do UO₂ mediante oxidação parcial; e
- Tratamento dos filtrados (recuperação dos compostos de urânio).

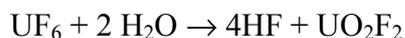
Desse processo, resultará um pó de UO₂ de alta escoabilidade, que pode ser prensado diretamente em pastilhas sem quaisquer tratamentos adicionais, tais como moagem, pré-compactação, granulação e adição de aglutinantes ou lubrificantes.

- Vaporização do UF₆ (circuito de alimentação)

Nessa etapa, o conjunto berço de transporte/cilindro 30B será introduzido no interior da autoclave por içamento e posterior movimentação em sistema de trilhos, através de controle remoto. O cilindro será acoplado à autoclave através de mangueira flexível. A estanqueidade dessa conexão será verificada através de teste de queda de pressão (pressurização com CO₂ até 2,5 bar abs.) por cerca de cinco minutos, além do teste de bolha. O cilindro será aquecido com vapor saturado até cerca de 100 °C, para liquefação do UF₆. O vapor de UF₆ acima da camada líquida será, então, misturado a uma corrente pré-aquecida (a 120 °C) de gás carbônico. Isso irá permitir que não mais seja necessário o uso de trechos aquecidos de tubulação (*heat-tracing*) até o vaso precipitador, para evitar a dessublimação indevida do UF₆. Outra finalidade da pré-mistura de UF₆ com CO₂ é o favorecimento do escoamento do vapor de UF₆ (um vapor pesado) através das tubulações. O controle da quantidade de UF₆, a ser alimentado no vaso precipitador, será feito por diferença de peso na autoclave.

Figura 3.9 FLUXOGRAMA DA UNIDADE DE RECONVERSÃO - PROCESSO

Para evitar uma intensa condensação em seu interior, a autoclave será simultaneamente aquecida por fluxo de vapor em sua manta externa. O isolamento térmico é feito por uma camada de lã-de-vidro. O condensado formado no interior do vaso de pressão irá escoar para o vaso coletor através do condensador total. O vaso de pressão contém uma sonda de condutividade, destinada a acusar vazamentos de UF₆, caso ocorram. O vapor d'água vai reagir com o UF₆ segundo a reação:



A reação ácida será, então, acusada pelo medidor de condutividade.

- Esvaziamento e limpeza dos cilindros de UF₆

Terminada a vaporização, o cilindro será pesado mais uma vez em uma balança de precisão e seu peso comparado com o seu certificado de acompanhamento. A vaporização será dada por encerrada, quando restarem menos de 10 kg de UF₆ em seu interior; caso contrário o cilindro retornará à autoclave para completar seu esvaziamento. Para a recuperação do UF₆ remanescente do cilindro, este será encaminhado para o circuito de esvaziamento e limpeza dos cilindros de UF₆. Inicialmente o cilindro será colocado no vaporizador e aquecido eletricamente até 100°C. Atingida esta temperatura, abrem-se as válvulas permitindo que o UF₆ seja aspirado pela bomba de vácuo do tipo de anel líquido, para ser dissolvido em água carbonatada. A bomba trabalha em circuito fechado com as torres lavadoras e absorvedoras, para onde a solução será conduzida. Essa solução recuperada será enviada para o vaso coletor para, então, ser reutilizada na precipitação. Repete-se a pesagem e, caso o valor não corresponda à tara, o cilindro será novamente evacuado. O cilindro será considerado vazio, ao se confirmar que resta menos de 1 kg de UF₆ em seu interior.

Concluída a remoção do UF₆ residual, realiza-se a lavagem interna do cilindro, introduzindo-se cerca de 60 litros de água carbonatada no seu interior, após a desmontagem da sua válvula. Depois das operações de rotação e basculamento, essa solução será retirada por meio de bomba e acondicionada em tambores de armazenamento de aproximadamente 50 litros, onde será mantida durante 6 meses até que sua atividade decaia abaixo de 400 Bq/ml. Após esse período, a solução será retornada para o processo de produção, no circuito do precipitador (Figura 3.10 - Fluxograma Básico da Unidade de Reconversão - Circuito de Lavagem de Containers).

Figura 3.10 FLUXOGRAMA BÁSICO DA UNIDADE DE RECONVERSÃO - CIRCUITO DE LAVAGEM DE CONTAINERS

Os principais parâmetros de processo desse circuito, seus respectivos pontos de controle e limites de segurança e intertravamento operacional são mostrados na Tabela 3.1, a seguir:

Tabela 3.1 PONTOS DE CONTROLE E LIMITES DE SEGURANÇA E INTERTRAVAMENTO OPERACIONAL DA AUTOCLAVE

LIMITES				
VARIÁVEL	Operação Normal	Operação Anormal (alarmes)	Operação Anormal (intertravamentos)	Função de Segurança
Temperatura (°C)	80	B - 70 A - 85	B - 70 MA - 90	Interrompe a produção Desliga o aquecimento
Pressão (bar abs.)	3,2	B - 1,5 A - 3,6	MB - 1,3 MA - 3,8	Interrompe a produção Desliga a autoclave
Vazão CO_2/UF_6 ($m^3/h / kg/h$)	40 / 166	B - 30 (CO_2)	B - 30 (CO_2)	Interrompe a produção
Condutividade	7	B - 5	A - 10	Desliga a autoclave Interrompe a produção

Fonte: INB

- Precipitação do TCAU a partir do UF_6 gasoso

A hidrólise do hexafluoreto de urânio e a precipitação do tricarbonato de amônio e uranila irão ocorrer no vaso precipitador atmosférico, aberto na parte superior e com seção horizontal retangular, onde a espessura é um fator geométrico de anticriticalidade nuclear. O precipitador será alimentado inicialmente com um certo volume (pré-carga) de água carbonatada proveniente do lavador-absorvedor (precipitação e redução), dos vasos acumuladores de água carbonatada (soluções de lavagem da torta de TCAU) e do circuito de limpeza de cilindros de UF_6 , sendo o restante completado com água desmineralizada, de tal forma que, após ter sido concluída a transferência de toda a carga de UF_6 , a suspensão de TCAU fique com uma concentração de urânio em torno de 250 g/l (sendo a concentração máxima para a geometria segura do vaso precipitador atmosférico de 1.260 g/l).

Completada a pré-carga, terá início a recirculação desta através dos bicos injetores, com a finalidade de eliminar qualquer obstrução dos mesmos, para somente então se iniciar a alimentação dos gases de UF_6 , CO_2 e NH_3 no vaso precipitador atmosférico. A precipitação será iniciada com a hidrólise do hexafluoreto de urânio proveniente da mistura de UF_6 com CO_2 , seguida de reação com o gás carbônico e amônia através de absorção no meio líquido circulante, para formação do tricarbonato de amônio e uranila. A reação se dará a cerca de 60°C com pH na faixa de $8,2 \pm 0,5$. Os gases provenientes da reação serão aspirados para o lavador-absorvedor do sistema TCAU, sendo então absorvidos em água desmineralizada. Após terminada a etapa de precipitação, a suspensão de TCAU em solução aquosa

carbonatada, contendo também fluoreto de amônio, será resfriada até cerca de 20°C no precipitador.

O bombeamento da suspensão de tricarbonato de amônio e uranila será realizado em duas etapas distintas com a finalidade de se obter um transporte mais efetivo, sendo primeiramente transferida parte da suspensão para alimentação do filtro rotativo a vácuo, deixando-se no precipitador uma quantidade residual de aproximadamente 100 litros de suspensão. O filtrado será bombeado para um tanque de pré-filtrado retornando em seguida ao precipitador, para bombeamento total da suspensão de TCAU e conclusão do processo de filtragem. A filtragem ocorrerá à temperatura ambiente, sob vácuo de cerca de 500 mbar, sendo todo o filtrado bombeado para o tanque de espera de filtrado, onde permanecerá por um determinado tempo no qual ainda ocorre certa sedimentação. Ao fim da filtração, restará sobre o meio filtrante uma torta de TCAU com cerca de 5 cm de altura, que é um fator geométrico de anticriticalidade. A torta de TCAU será, então, lavada com solução 1 molar de carbonato de amônio para redução do teor de fluoreto (até aproximadamente 500 ppm), sofrendo posteriormente uma segunda lavagem, com metanol, para redução do teor de umidade (até aproximadamente 0,5%).

A reação global é a seguinte:



onde, $(\text{NH}_4)_4 \text{UO}_2 (\text{CO}_3)_3 \cdot 2 \text{H}_2\text{O} = \text{TCAU}$

O TCAU precipita na forma de cristais com uma granulometria média de cerca de 40 a 60 µm. Para evitar a sedimentação do precipitado, será borbulhado ar de processo sob pressão através de um tubo ao longo do fundo do vaso precipitador atmosférico. O calor liberado no processo será absorvido por camisas resfriadas a água.

Os principais parâmetros de processo desse circuito, seus respectivos pontos de controle e limites de segurança e intertravamento operacional são mostrados na Tabela 3.2, a seguir:

Tabela 3.2 PONTOS DE CONTROLE E LIMITES DE SEGURANÇA E INTERTRAVAMENTO OPERACIONAL DO VASO PRECIPITADOR ATMOSFÉRICO

LIMITES				
VARIÁVEL	Operação Normal	Operação Anormal (alarmes)	Operação Anormal (intertravamentos)	Função de Segurança
Temperatura (°C)	60	B - 25 A - 70	A - 70	Interrompe a produção
Pressão (bar abs.)	1	-	-	-
Vazão (m ³ /h)	240	-	-	-
Nível (%)	100	-	-	-
pH	8,2	B - 7,8 A - 10,5	B - 7,8 A - 10,5	Interrompe a produção

Fonte: INB

- Precipitação do TCAU a partir do nitrato de uranila

Em lugar do UF_6 , pode-se também utilizar uma solução de nitrato de uranila (NTU) como base para a precipitação do TCAU. O urânio presente na substância filtrada será recuperado na forma de NTU, para ser então novamente utilizado para precipitação do TCAU. A solução de NTU será retirada do vaso de dosagem com o auxílio de uma bomba.

A solução de nitrato de uranila, a ser utilizada como alternativa ao UF_6 , será armazenada em um vaso especial de processo (fabricado em aço inoxidável revestido com cádmio), possuindo concentração mínima de 400 g/l (sendo de $\pm 10\%$ a variação máxima na concentração de urânio com ácido nítrico livre 1 molar). A dosagem da solução para cada batelada de produção será feita de forma que a concentração de urânio na solução reagente no precipitador seja semelhante àquela obtida no processo de hidrólise do UF_6 (aproximadamente 200 g/l).

O processo de precipitação do TCAU a partir do NTU é similar ao processo utilizado a partir do UF_6 , já descrito.

- Reprecipitação do TCAU

Para se conseguir uma precipitação máxima de urânio, introduz-se CO_2 e NH_3 por mais 15 minutos no vaso precipitador atmosférico. Durante esse período, introduz-se no precipitador água carbonatada contendo urânio em solução, proveniente das águas de lavagem da torta de TCAU no processo de filtragem.

A temperatura ideal para a precipitação do TCAU é de 60 °C. Terminada esta, a suspensão será resfriada a 20 °C. Com essa medida, reduz-se as perdas de urânio em solução no filtrado.

A suspensão será, então, bombeada para os filtros.

- Recuperação dos gases de topo da etapa de precipitação

Os gases de ebulição e de escapamento, que se formam na instalação de precipitação, serão aspirados e absorvidos no lavador-absorvedor. Bombeia-se para o lavador uma certa quantidade de água desmineralizada através de um injetor, que trabalha segundo o princípio de jato d'água. A alimentação será regulada automaticamente por um medidor de nível. Para o controle das variáveis na tubulação de bombeamento, acham-se acoplados a essa tubulação manômetro e termômetro. No início de cada nova operação de precipitação, o lavador-absorvedor será descarregado por bomba para o vaso precipitador atmosférico.

As pequenas quantidades de gás de escapamento do lavador-absorvedor e da autoclave serão aspiradas pelo lavador-aspersor geral, situado no circuito de recuperação de compostos de urânio. Esse lavador possui na parte superior anéis de vidro borado, que serão continuamente irrigados com água recirculada da sua parte inferior por meio de uma bomba. Para eliminar as gotículas d'água, que possam ter passado para a tubulação de exaustão, esse lavador será equipado com um filtro demister, que retornará o líquido condensado recolhido para a base do mesmo. De tempos em tempos o líquido do lavador-aspersor geral será descarregado para o vaso coletor de água carbonatada.

- Filtragem da suspensão de TCAU

A filtragem do TCAU em suspensão na solução aquosa de fluoreto de amônio ocorrerá nos filtros a vácuo de prato giratório. A suspensão será bombeada do vaso precipitador atmosférico para um dos dois filtros rotativos. Esses filtros constam de um disco perfurado horizontalmente com um rebordo elevado. Sobre o disco perfurado fica o elemento filtrante de material plástico (*nylon*), onde a suspensão será distribuída homogênea. O filtrado escoará sob a placa perfurada, para ser aspirado por um sistema de câmara e vaso separador a vácuo.

O bombeamento da suspensão para o filtro rotativo selecionado será feito em duas etapas, para se obter uma retirada máxima do TCAU do vaso precipitador atmosférico. Na primeira, bombeia-se quase toda a suspensão, deixando no precipitador um resto de cerca de 100 litros. Os primeiros 250 litros do filtrado serão bombeados para um dos dois vasos de acumulação, de onde voltará ao precipitador para eliminar do mesmo eventuais sedimentações de TCAU. Em seguida, bombeia-se para o filtro selecionado o que resta no precipitador, ou seja os 350 litros (100 litros da suspensão e 250 litros do filtrado reciclado). Esta solução final de filtrado será, então, bombeada para um dos dois vasos de espera de onde, após um período de sedimentação do TCAU residual ainda presente, será bombeada para o circuito de recuperação de compostos de urânio.

Após a secagem por aspiração, restará sobre o filtro uma torta de TCAU com cerca de 5 cm de altura. A altura dessa camada, limitada por raspadores, será também um fator de anticriticalidade. Essa torta será, então, lavada com uma solução de $NH_4 HCO_3$, para se reduzir o seu teor em flúor de 0,2 a 0,3% para cerca de 500 ppm. A torta de TCAU em pó será, também, lavada com metanol puro, para reduzir o seu grau de umidade. A solução alcoólica resultante será recolhida num vaso acumulador e, em seguida, bombeada ao circuito

de destilação do sistema de tratamento de efluentes através de um filtro fino, para ser recuperada e retornada ao processo já como metanol purificado.

Após cada lavagem, faz-se uma secagem da torta por aspiração. O pó de TCAU, finalmente com um teor de umidade em torno de 0,5 a 0,8%, será transportado pneumaticamente para o dispositivo alimentador do forno de leito fluidizado.

Os principais parâmetros de processo desse circuito, seus respectivos pontos de controle e limites de segurança e intertravamento operacional são mostrados no Tabela 3.3, a seguir:

Tabela 3.3 PARÂMETROS DO PROCESSO DE FILTRAGEM

VARIÁVEL	LIMITES			Função de Segurança
	Operação Normal	Operação Anormal (alarmes)	Operação Anormal (intertravamentos)	
Temperatura (°C)	25	-	-	-
Pressão (bar abs.)	0,5	A - 0,6	A - 0,6	Interrompe a produção
Vazão de saída (kg/h)	126,7	-	-	-
Nível (%)	80	-	-	-

Fonte: INB

As principais características físico-químicas do pó de TCAU são mostradas na Tabela 3.4, a seguir:

Tabela 3.4 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO PÓ DE TCAU

ITEM	VALORES CARACTERÍSTICOS
Superfície Específica (m ² /g)	0,10
Distribuição Granulométrica (µm)	40 a 60
Escoabilidade (s/10g)	0,66
Densidade Solta (g/cm ³)	1,16
Densidade Batida (g/cm ³)	1,58
Teor em Flúor (% em peso)	0,2

Fonte: INB

- Redução do TCAU a UO_2

O pó de TCAU seco será transportado pneumaticamente para o forno de leito fluidizado, onde se processará a sua decomposição térmica e subsequente redução para UO_2 . Esse forno consiste de um reator vertical cilíndrico, possuindo na parte inferior um leito poroso de aço inoxidável sinterizado e uma válvula de descarga e na parte superior um dispositivo extrator de gases, com dois bancos de filtros do tipo vela de aço inoxidável sinterizado e um dispositivo alimentador de TCAU, composto de ciclone e válvulas pneumáticas. O reator cilíndrico será construído com dimensões anticríticas, além de ser dotado axialmente de uma barra absorvedora de nêutrons de aço inoxidável recheada de carbeto de boro (B_4C). Medidas especiais de intertravamento de segurança impedirão o funcionamento do forno na ausência dessa barra absorvedora. Para o pré-aquecimento e manutenção da temperatura de trabalho, o forno de leito fluidizado será dotado de mantas com resistências elétricas controladas por instrumentação específica automatizada.

As linhas de fabricação de pó de UO_2 vão dispor normalmente de dois filtros a vácuo giratórios, de modo que o ponto de estrangulamento da produção será a etapa de termólise e redução. Desse modo, o forno de redução, em caso normal, estará continuamente ocupado, não sendo resfriado entre uma carga e outra.

A redução propriamente dita será iniciada com a dosagem do TCAU e injeção de vapor d'água e H_2 gasoso. Sobre o reator cilíndrico situa-se o ciclone, onde o pó de TCAU será separado do ar de transporte. Esse último será limpo em filtros absolutos do tipo microsorbán e conduzido ao sistema de exaustão geral da Fábrica de Pó. O TCAU chegará continuamente ao ciclone, sendo alimentado no forno de modo descontínuo através de um sistema de válvulas pneumáticas comandadas e refrigeradas por nitrogênio gasoso. Esse sistema de alimentação é formado por duas válvulas, existindo entre elas uma câmara de alimentação. Para a alimentação, será primeiramente aberta a válvula superior, permitindo a passagem do TCAU para a câmara alimentadora; será então introduzido N_2 na câmara a uma pressão de 3,55 bar, fechando-se a válvula superior; em seguida, a válvula inferior será aberta liberando o TCAU para a entrada do forno leito fluidizado. Finalmente, após a pressurização do espaço na entrada do forno de leito fluidizado, o TCAU em pó será alimentado no interior do mesmo pela abertura de outra válvula. O pó de TCAU vai escoar por gravidade através do forno, sendo fluidizado com vapor d'água superaquecido e hidrogênio gasoso, para ser decomposto termicamente em UO_3 , sofrendo em seguida um processo de redução química a UO_2 . O vapor d'água, usado como gás de fluidização, e o H_2 gasoso, agente redutor, após superaquecidos em passagem por um tubo em espiral de inonel com aquecimento elétrico, vão fluir através do fundo poroso para o interior do forno. A entrada desses gases se dará a uma temperatura mínima de $330^{\circ}C$, para evitar a condensação no interior do forno.

A redução se processará a $550^{\circ}C$, sendo praticamente instantânea a cada alimentação do pó de TCAU no forno (em pequenas bateladas de aproximadamente 2 kg). Quando toda a carga da batelada total (137 kg de UO_2) estiver pronta dentro do forno, a temperatura será elevada para $650^{\circ}C$, a fim de abaixar o teor de flúor, por pirohidrólise, de 500 ppm para menos de 100 ppm. Um circuito regulador na tubulação do vapor assegurará que o H_2 somente flua suficientemente diluído e após um período de limpeza com vapor d'água. Com isso, impede-se a formação de uma mistura explosiva.

Na parte superior do reator cilíndrico existem dois bancos de filtros, constituídos, cada um, de seis velas de filtros de aço inoxidável sinterizado. Os gases liberados serão conduzidos por uma tubulação aquecida, para evitar cristalização, até o lavador-absorvedor do circuito de lavagem de gases, para serem absorvidos em água desmineralizada. Um termostato manterá a temperatura da tubulação dos gases de escape em torno de $250^{\circ}C$. Caso a temperatura caia para menos de $200^{\circ}C$, o forno de leito fluidizado será desligado automaticamente.

Os principais parâmetros de processo desse circuito, seus respectivos pontos de controle e limites de segurança e intertravamento operacional são mostrados na Tabela 3.5, a seguir:

Tabela 3.5 PARÂMETROS DO PROCESSO DE REDUÇÃO

LIMITES				
VARIÁVEL	Operação Normal	Operação Anormal (alarmes)	Operação Anormal (intertravamentos)	Função de Segurança
Temperatura ($^{\circ}C$)	520/660	B - 450 A - 750	B - 450 A - 750	Interrompe a produção Desliga o forno
Pressão (bar abs.)	1,4/1,8	H - 2,5	H - 2,5	Interrompe a produção
Vazão (kg/batelada)	150	-	-	-

Fonte: INB

- Estabilização do UO_2 mediante oxidação parcial

O pó de UO_2 é altamente reativo ao final da etapa de redução química do TCAU, possuindo características pirofóricas. De forma a então possibilitar o manuseio e processamento do mesmo em contato com o ar, torna-se necessária a sua estabilização, realizada por meio de oxidação parcial com ar de processo (ar seco).

Do forno de leito fluidizado, o pó quente de UO_2 será descarregado para dentro de um vaso de passivação, para ser inicialmente resfriado até uma temperatura inferior a $100^{\circ}C$. Esse vaso terá seção cilíndrica, sendo dotado de camisas de resfriamento. Operará também, para melhor transporte térmico, sob regime de leito fluidizado através do uso de N_2 gasoso como agente fluidizante. Além disso, o vaso também possuirá uma barra absorvedora de nêutrons de carbeto de boro, para proteção contra a criticalidade nuclear.

A vazão de N_2 gasoso será reduzida, ao se atingir a temperatura de oxidação de $80^{\circ}C$, e a seguir iniciada a injeção de um volume de ar rigidamente calculado, para a oxidação da carga de pó de UO_2 até uma razão de O/U entre 2,08 e 2,2. Em seguida, a carga será resfriada até $40^{\circ}C$, para se transportar pneumáticamente o pó de UO_2 já estabilizado para os recipientes de transferência para os homogeneizadores.

Os principais parâmetros de processo desse circuito, seus respectivos pontos de controle e limites de segurança e intertravamento operacional são mostrados na Tabela 3.6, a seguir:

Tabela 3.6 PARÂMETROS DO PROCESSO DE ESTABILIZAÇÃO

VARIÁVEL	LIMITES			Função da Segurança
	Operação Normal	Operação Anormal (alarmes)	Operação Anormal (intertravamentos)	
Temperatura (°C)	80/25	B - 25 A - 100	B - 25 A - 100	Interrompe a produção
Pressão (bar abs.)	1,5	A - 2,5	A - 2,5	Interrompe a produção
Vazão (kg/batelada)	150	-	-	-

Fonte: INB

As principais características físico-químicas do pó de UO₂ são mostradas na Tabela 3.7, a seguir:

Tabela 3.7 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO PÓ DE UO₂

ITEM	VALORES CARACTERÍSTICOS
Superfície Específica (m ² /g)	4 a 6,25
Distribuição Granulométrica (µm)	20 a 40
Escoabilidade (s/20g)	1 a 1,8
Densidade Solta (g/cm ³)	2,1 a 2,28
Densidade Batida (g/cm ³)	2,75 a 2,9
Teor em Flúor (ppm)	60
Estequiometria (O/U)	2,08 a 2,12
Umidade (% em peso)	0,3

Fonte: INB

- Lavagem e depuração dos gases de escapamento do forno de leito fluidizado e vaso passivador e produção de água carbonatada

Os gases liberados do precipitador e do forno de leito fluidizado, respectivamente dos circuitos de precipitação e redução química, serão aspirados e absorvidos em circuitos de torres lavadoras e absorvedoras, onde o diâmetro é limitado como fator de anticriticalidade. Na parte superior do reator cilíndrico vai existir um banco de filtragem constituído de 12 velas de metal sinterizado. De um canal anular, os gases serão liberados através das velas de filtragem e recolhidos e conduzidos por uma tubulação eletricamente aquecida (*heat-tracing*) para torres lavadoras e absorvedoras, as quais serão ligadas em série com o lavador-aspersor. Um termostato controlará a temperatura dessa tubulação em torno de 250°C.

Como, durante a fluidização, o pó de UO₂ entrará em contato com as velas de metal sinterizado, vai se efetuar esporadicamente um curto sopro de N₂ em contrapressão. O pó expelido cairá de volta na câmara de fluidização. São instalados pressostatos, para controlar a pressão na câmara de reação e na tubulação de escape dos gases.

O lavador-aspersor trabalhará segundo o princípio de jato d'água (*spray*). Esse lavador somente será ligado quando o forno de leito fluidizado estiver em funcionamento, servindo

também para absorver os gases oriundos do banco de filtros do tipo vela do vaso passivador.

As torres lavadoras e absorvedoras serão pré-alimentadas com um volume definido de água desmineralizada e águas residuais, provenientes quer do lavador-aspersor quer de depósitos intermediários de água carbonatada. O controle de nível será feito automaticamente por meio de instrumentação adequada e dispositivos extravazores. A solução nas torres lavadoras e absorvedoras será mantida em circulação constante por meio de bombas, passando pela câmara de injeção dos gases provenientes do forno de leito fluidizado, durante cada operação individual dos diversos circuitos. A temperatura de trabalho será mantida em torno de 40°C por meio de camisas de resfriamento na parte inferior dos lavadores, de forma a aproveitar a melhor capacidade de absorção para os gases (NH_3 , CO_2 e HF).

Após um certo número de bateladas do processo, quando a concentração dos elementos na solução dos lavadores atingir determinados valores (aproximadamente $NH_4 = 160$ g/l, $CO_3 = 260$ g/l e $F = 200$ g/l), o conteúdo dos lavadores será removido, quer para compor novas bateladas no precipitador (solução-mãe) quer para compor a carga inicial das torres lavadoras e absorvedoras. Após um certo número de bateladas do processo, será bombeada água carbonatada do lavador-aspersor para os lavadores-absorvedores, para aproveitamento final das soluções de água carbonatada. O líquido excedente será bombeado para o vaso coletor de água carbonatada.

Utilizando o mesmo tipo de processamento, os gases gerados nos circuitos de recuperação de compostos de urânio e lavagem de cilindros de UF_6 também serão pré-absorvidos e/ou lavados, para envio final ao sistema de exaustão geral da Unidade II.

- Tratamento de filtrados (recuperação dos compostos de urânio)

Os líquidos e sólidos no processo de conversão serão tratados, para recuperação do urânio ainda presente em solução. Esse tratamento engloba basicamente duas etapas:

- Recuperação do urânio através de sua precipitação e reciclagem ao processo principal (APOFU ou APONU); e
- Dissolução, para formação da solução de nitrato de uranila.

A primeira etapa, ou seja, a precipitação do urânio, será feita por um dos dois processos descritos a seguir, conforme a natureza do composto de urânio alimentado na precipitação (UF_6 ou NTU):

- Precipitação do APOFU (peróxido fluoruranato de amônio) (Figura 3.11)

O filtrado proveniente da precipitação do TCAU a partir do UF_6 será bombeado para um dos dois vasos de espera. Dos vasos de espera, será bombeado ao circuito de tratamento de filtrados, através de um filtro fino (concentração após filtragem menor ou igual a 10 ppm em urânio), para o vaso acumulador. A seguir, o TCAU será bombeado do vaso acumulador para o vaso extrator de CO_2 , sendo no caminho aquecido a 45°C no vaso pré-aquecedor e a 95°C num aquecedor final, para redução da quantidade de íons de carbonato que interferem na precipitação do APOFU.

O filtrado quase isento de CO_2 seguirá para o vaso precipitador para reagir com H_2O_2 , NH_3 e prestol (agente flocculante) precipitando, sob agitação, o urânio na forma de APOFU.

O material precipitado (APOFU) será enviado, por gravidade, para o filtro a vácuo, sendo filtrado e retornado ao vaso precipitador. O precipitado de APOFU será misturado à torta de filtros a vácuo sendo reduzido a UO_2 no forno de leito fluidizado, o qual será utilizado no circuito de homogeneização do pó de UO_2 na Fábrica de Pastilhas ou na redissolução nítrica para a preparação de nitrato de uranila, matéria-prima alternativa na produção de TCAU. Somente após várias etapas de precipitação é que haverá a transferência da lama de APOFU do filtro a vácuo para os filtros da precipitação, para ser realimentada no forno de leito fluidizado juntamente com o pó de TCAU.

Após diversos passes da solução pelo filtro a vácuo, a mesma será enviada para o vaso pré-aquecedor para aquecer a solução entrante da nova batelada, sendo posteriormente bombeada do mesmo, através de um filtro grosso, para o sistema de tratamento de efluentes líquidos radioativos. A solução de NH_4F , após tal filtração, possuirá concentração de urânio menor que 0,5 ppm.

Todos os gases gerados neste processo serão enviados para o lavador-aspersor, para absorção e limpeza, antes de serem enviados ao sistema geral de exaustão das fábricas da Unidade II.

- Precipitação do APONU (peróxidonitrouranato de amônio)

A precipitação do APONU segue as mesmas etapas do processo utilizado para a precipitação do APOFU.

A lama de APONU, decantada no precipitador e filtrada no filtro a vácuo, será encaminhada também para os dois filtros da precipitação, para ser realimentada no forno de leito fluidizado juntamente com o pó de TCAU.

Os gases gerados neste processo serão também encaminhados para o lavador-aspersor, para absorção e limpeza, antes de serem enviados ao sistema geral de exaustão da Unidade II.

- Dissolução para formação da solução de nitrato de uranila

A segunda etapa do tratamento para recuperação do urânio ainda presente em solução corresponde à dissolução de compostos sólidos de urânio para a formação de solução de nitrato de uranila.

Figura 3.11 FLUXOGRAMA BÁSICO DA UNIDADE DE RECONVERSÃO - CIRCUITO DE RECUPERAÇÃO DE COMPOSTOS DE URÂNIO

O urânio retido pelo circuito de exaustão da fábrica de pastilhas e contido no produto fora de especificação, será submetido a uma dissolução em HNO_3 , para formação da solução de nitrato de uranila. Essa reação se processará num recipiente de dissolução a $95^{\circ}C$. No caso de presença de impurezas de Fe e Si, será mantida uma temperatura abaixo de $50^{\circ}C$, afim de impedir que esses elementos entrem em solução.

Terminada a reação, a solução resultante de NTU irá para os tanques, para ajuste da sua concentração de urânio em 400 g/l. Esse ajuste será feito por diluição com água desmineralizada. A solução de NTU, agora com concentração de urânio em 400 g/l, será estocada temporariamente em recipientes até ser utilizada no processo de conversão do NTU em UO_2 . Os gases gerados na dissolução serão encaminhados ao lavador-aspersor.

Cabe observar que esse tratamento será utilizado apenas no caso da ocorrência de grande quantidade de material fora de especificação. Em condições normais de operação das Unidades de Produção de Pó e Pastilhas de UO_2 , a pequena sucata gerada será armazenada em tambores para posterior processamento.

. Filosofia de Instrumentação e Controle

O sistema de instrumentação e controle da Fábrica de Pó de UO_2 compreende todos os equipamentos, instrumentos e demais componentes necessários ao controle, intertravamento e operação da planta, bem como dos sistemas de proteção dos equipamentos e de segurança operacional. A filosofia de operação e controle, assim como as principais características da instrumentação aplicada é descrita a seguir:

Nesse sistema, a operação será remota, centralizada e parcialmente automática. Para tanto, foi prevista a existência de uma sala de controle central (SC) de onde, por meio de um sistema supervisório com arquitetura distribuída Coros com protocolo de comunicação serial profibus (Sinec-L2), será possível uma operação remota da planta de forma segura pela utilização intensiva de intertravamentos, blocos lógicos de seqüenciamento e controles automáticos realizados através de controladores programáveis Simatic-S5. Os equipamentos, destinados ao tratamento de sinais e respectiva geração dos sinais de comando para atuação no processo, serão concentrados numa sala de instrumentação (SI), para onde convergirão todas as linhas de comunicação provenientes do campo.

Como interface entre essas linhas e a instrumentação de campo, serão utilizados equipamentos de E/S distribuídas, responsáveis pela concentração local das variáveis de medição e sinais de atuação, respectivamente do e para o processo.

Dentre os diversos circuitos de processo, aquele correspondente ao sistema de lavagem de cilindros de UF_6 não obedecerá à filosofia acima descrita, uma vez que será dotado de um painel específico, a ser instalado também na sala de controle, com a interligação entre os sinais de processo e sala de instrumentação sendo realizada de forma direta, sem a utilização da rede de comunicação serial profibus.

3.3.6.2. Fabricação de Pastilhas

O material, a ser produzido na Fábrica de Pastilhas, será o UO_2 em pastilhas de grau cerâmico nuclear. Essas pastilhas, após aprovação nos testes dimensionais, metalográficos e químicos pertinentes, estarão aptas a serem utilizadas na montagem de elementos combustíveis para as usinas nucleoeletricas do tipo PWR ou similares.

Como matéria-prima, será utilizado o pó de UO_2 produzido a partir de urânio não-reciclado com concentração isotópica, em ^{235}U , da ordem de 3% a 5% em peso, obtido pelo processo TCAU, que possibilita a peletização sem a necessidade de pré-compactação e adição de lubrificantes. O pó será proveniente da Fábrica de Produção de Pó de UO_2 , a ser montada em série com a Fábrica de Produção de Pastilhas.

a) Descrição das Etapas de Produção

O processo a ser adotado pela INB para a produção de pastilhas de UO_2 , patenteado e utilizado pela Siemens, caracteriza-se pelo reduzido número de etapas e pelo baixo custo operacional. As Figuras 3.12 e 3.13 (Esquema de Fabricação de Pastilhas - Método RBU e Fluxograma Básico da Unidade de Produção de Pastilhas de UO_2 - Processo) mostram, respectivamente, um diagrama de blocos e o fluxograma simplificado do processo.

A produção das pastilhas de combustível compreende, basicamente, cinco atividades distintas de operação industrial:

- Homogeneização;
- Classificação e prensagem do pó de UO_2 ;
- Sinterização;
- Retificação das pastilhas; e
- Reprocessamento a seco.

A produção tem início com a homogeneização do pó de UO_2 , obtido pelo processo de TCAU. Após essa etapa, a matéria-prima é prensada em pastilhas, ditas "verdes", e enviada à sinterização a alta temperatura e sob atmosfera redutora de H_2 . As pastilhas, já sinterizadas, são conduzidas para a etapa de retificação, para ser corrigido o paralelismo entre as faces. Cumpridas essas etapas, as pastilhas enquadradas nas especificações são acondicionadas em caixas apropriadas e transportadas para a área de armazenamento.

Figura 3.12 ESQUEMA DE FABRICAÇÃO DE PASTILHAS - MÉTODO RBU

Figura 3.13 FLUXOGRAMA BÁSICO DA UNIDADE DE PRODUÇÃO DE PASTILHAS DE UO_2 - PROCESSO

- Homogeneização

Para suprir a etapa de prensagem (peletização) com matéria-prima de propriedades mais constantes, torna-se necessária a homogeneização do pó de UO_2 . Este será transferido pneumaticamente dos recipientes de transferência para os homogeneizadores os quais, mediante rotação em velocidade controlada, vão homogeneizar o pó. Os homogeneizadores são recipientes rasos com espessura de camada segura quanto à criticalidade nuclear, sendo projetados para receber, cada um, até 2.000 kg de pó de UO_2 .

Acrescenta-se ao pó primário os seguintes produtos reciclados provenientes da fabricação de pastilhas, que correspondem a quase 10% do peso das pastilhas prensadas:

- Lama proveniente da operação de retificação das pastilhas. Essa lama de retífica sofrerá uma secagem prévia e, posteriormente, uma classificação granulométrica. O pó resultante corresponderá a 4% do peso total das pastilhas prensadas;
- Pó proveniente da quebra de pastilhas durante a operação de prensagem. As pastilhas danificadas serão destruídas e oxidadas a U_3O_8 , sofrendo aí uma operação de classificação granulométrica e o pó resultante encaminhado ao homogeneizador. Esse pó corresponderá a 0,5% do peso total das pastilhas prensadas; e
- Pó proveniente da recusa durante a inspeção final de superfície das pastilhas, o que corresponderá a uma reciclagem de 5,5% do peso das pastilhas prensadas.

O chassi do homogeneizador apoia-se sobre caixas eletrônicas medidoras de carga, para o controle do peso da carga de pó de UO_2 . Um dispositivo de contato protege-o contra o excesso de carga.

Na homogeneização, as mangueiras flexíveis serão conectadas à válvula de entrada do pó e à junção de sucção de ar do filtro. A tubulação de alimentação dos homogeneizadores será evacuada através da tubulação distribuidora de baixa pressão e um pressostato liberará a abertura da válvula de descarregamento do recipiente de acoplamento. Ao mesmo tempo, uma válvula liberará ar comprimido para a alimentação do homogeneizador.

No homogeneizador, o ar de transporte será separado do pó de UO_2 , por passagem através de ciclones separadores, e purificado, por passagem através de filtro.

Para iniciar a homogeneização, serão desconectadas as mangueiras de transporte e de sucção, ajustado o tempo de homogeneização no relógio comutador e ligada a propulsão giratória. Após à homogeneização, o pó de UO_2 será retirado utilizando-se um dispositivo de descarga localizado no canto do homogeneizador. Para o descarregamento, será feito o acoplamento das mangueiras de sucção e de ar de transporte, que flui através de um filtro microsorb, ao dispositivo de descarga, após o bloqueio da propulsão por um interruptor.

- Classificação e prensagem das pastilhas de UO_2

Essas atividades serão sempre realizadas com massa subcrítica de urânio.

O pó de UO_2 será transportado pneumaticamente dos homogeneizadores (à taxa de 250 kg de UO_2 por hora) para uma unidade de depósito sobre a prensa através de um ciclone, filtros do tipo vela-metálica e uma peneira de 100 μm . O ciclone vai separar o pó do ar de transporte e os filtros impedirão que o pó atinja a instalação de sucção. O pó, que fica retido na peneira, vai para um recipiente. Deste recipiente, as partículas menores que 100 μm seguirão para os homogeneizadores e as maiores, após separadas, serão oxidadas a U_3O_8 . Na parte superior do depósito, o enchimento será interrompido automaticamente quando o peso atingir 100 kg.

Do depósito, o pó correrá para o equipamento dosador especial através de uma calha vibratória e uma válvula. Do dosador, o pó será transferido para dentro de uma sapata de enchimento, por meio de uma mangueira de polietileno. Através da sapata de enchimento, o pó chegará aos orifícios da matriz, onde as pastilhas serão mecanicamente prensadas.

As paredes das matrizes das ferramentas de compactação serão lubrificadas por um sistema automático de lubrificação de matrizes. Na prensa, as pastilhas compactadas serão colocadas sobre chapas de molibdênio. Várias camadas de tais chapas serão montadas, compondo um bote de sinterização de molibdênio. Esses botes serão transportados ao sistema de sinterização por meio de esteiras confinadas e com sistema de exaustão com lavagem de gases.

Como as pastilhas serão compactadas sem a adição de qualquer aglutinante ou lubrificante ao pó, as mesmas poderão ser sinterizadas diretamente sem qualquer tratamento intermediário para remoção do lubrificante.

- Sinterização

A sinterização será realizada em um forno contínuo do tipo propulsor. Esse forno constitui-se de um canal dividido em zonas de propulsão, pré-aquecimento, alta temperatura e resfriamento. O forno alcançará a temperatura de 900°C na zona de pré-aquecimento e de 1750°C na zona de sinterização (aquecimento elétrico com resistências de molibdênio), sob atmosfera redutora pela introdução de hidrogênio em contra-corrente e com ligeira sobrepressão de 3 a 15 mbar man. O aquecimento do forno será controlado automaticamente com o auxílio de pares termoelétricos.

O hidrogênio, que escapar na entrada e saída do forno, será queimado sob uma cortina de chama de gás liquefeito de petróleo (GLP). A propulsão funcionará por um sistema de corrente com transportador, onde somente o último bote de molibdênio com as pastilhas será empurrado.

Para prover a pirólise e evitar o acúmulo de flúor nas paredes do forno, o hidrogênio será injetado umedecido, através do borbulhamento em um vaso com água destilada. O teor de flúor das pastilhas será assim reduzido de 80 para menos de 10 ppm. O hidrogênio agirá como atmosfera redutora (durante a operação normal), sendo injetado na entrada do forno (500 NI/h), no meio do forno (500 NI/h) e na saída do forno (3,5 Nm³/h) em contra-corrente, nas

conexões elétricas (800 NI/h) e nos visores de medição (300 NI/h), a uma pressão de 2 bar.

Na parte final do forno, as pastilhas percorrerão uma zona de resfriamento, da qual sairão com uma temperatura de 30 a 40 °C. A pressão e a vazão do sistema de água de resfriamento será da ordem de 3,5 bar e 5 m³/h, respectivamente. Os botes de molibdênio, contendo as pastilhas já sinterizadas, serão transportados em esteiras para a retificação.

- Retificação

Um dispositivo de alimentação automática vai introduzir continuamente as pastilhas na máquina retificadora à taxa de 37 kg por hora de UO_2 . A retificação, para atingir as tolerâncias exigidas, será realizada por meio de esmerilhamento com um rebolo de diamante. As pastilhas serão retificadas sob um fluxo de água desmineralizada, para resfriá-las e evitar a formação de poeira. O material a ser retirado na retificação vai atingir 2 a 3% da massa inicial. A água contendo o pó de retificação irá fluir para uma centrífuga, onde as partículas de UO_2 se depositarão como lama nas paredes do tambor giratório, cuja capacidade será de 35 kg de lama. Atingida essa quantidade, a centrífuga vai se desligar automaticamente. A lama de UO_2 será secada numa estufa, para a recuperação do pó de UO_2 . A água clarificada na centrífuga será reutilizada para nova retificação, através de um circuito fechado.

A seguir, as pastilhas serão automaticamente descarregadas por uma correia transportadora de tal forma que sejam viradas e rolem sobre sua superfície perimetral, permitindo a sua lavagem com jato de água desmineralizada e secagem com ar quente. O controle das pastilhas será efetuado visualmente pelo operador da retífica durante o transporte no dispositivo automático de descarga. Após essa inspeção, as pastilhas serão carregadas automaticamente sobre bandejas e encaminhadas para armazenamento no Depósito de Pastilhas (conforme Figura 3.14).

- Reprocessamento a seco

Os rejeitos da peletização, desde que não contenham impurezas, poderão ser reaproveitados após simples etapas de recuperação a seco. Os seguintes rejeitos serão considerados para o reprocessamento a seco:



Figura 3.14 DEPÓSITO DE PASTILHAS

- Rejeitos da compactação do pó

Vão originar-se principalmente na fase de reajuste dos parâmetros de compactação (por exemplo: após a troca de ferramentas ou longas pausas de produção). Em condições normais, os rejeitos não ultrapassarão 0,5% em peso do material da partida. Como a quantidade será pequena, ela será sinterizada e tratada como rejeito sinterizado.

- Rejeitos da sinterização

A quantidade de pastilhas defeituosas, fora das especificações e quebradas, ficará normalmente abaixo de 7%. Ela dependerá, naturalmente, de quão rigorosas serão as especificações para a qualidade superficial das pastilhas.

Esse material será oxidado para U_3O_8 em pó. Isso ocorrerá em um forno dotado de peneiras vibratórias com insuflamento de ar a 450 °C. Nessa temperatura, as pastilhas de UO_2 sobre as peneiras vibratórias vão se desfazer em fino pó de U_3O_8 . O U_3O_8 será peneirado e classificado (fração menor que 100 μm), para ser adicionado ao pó virgem de UO_2 nos homogeneizadores (Figura 3.15 - Fluxograma Básico da Unidade de Recuperação de UO_2 - Peneiramento e Homogeneização).

- Rejeitos da retificação das pastilhas

Vai depender do diâmetro da pastilha e da quantidade desbastada. Para pastilhas de dimensões usuais (diâmetro de 10 mm) serão produzidos de 1 a 2% de lama de retífica. A lama de UO_2 será levada no próprio tambor da centrifuga para a câmara de secagem, para ser secada com ar à temperatura em torno de 100°C. O pó de UO_2 seco passará, em seguida, por uma peneira mecânica cilíndrica de 100 μm , para ser adicionado ao pó virgem de UO_2 nos homogeneizadores, conforme a Figura 3.15.

b) Filosofia de Instrumentação e Controle

O sistema de instrumentação e controle da Fábrica de Pó de UO_2 compreende todos os equipamentos, instrumentos e demais componentes necessários ao controle, intertravamento e operação da planta, bem como dos sistemas de proteção dos equipamentos e de segurança operacional. A filosofia de operação e controle, assim como as principais características da instrumentação aplicada, é descrita adiante. Nesse sistema, a operação será local, descentralizada e parcialmente automática. O processo se constituirá de diversas etapas autônomas, correspondendo a cada uma destas uma máquina operatriz ou equipamento independente dotado de painéis locais para operação e anunciação de alarmes com lógica de intertravamento incorporada no próprio equipamento. Alguns sinais necessários ao controle da produção ou alarmes de processo poderão eventualmente ser enviados à sala de instrumentação, para tratamento e anunciação no sistema supervisório da sala de controle.

Figura 3.15 FLUXOGRAMA BÁSICO DA UNIDADE DE RECUPERAÇÃO DE UO_2 -
PENEIRAMENTO E HOMOGENEIZAÇÃO

3.3.6.3. Características Básicas dos Equipamentos de Processo

Em função da tecnologia de produção Siemens (processo de via úmida de produção de pó e pastilhas de UO_2) empregar como regra fundamental de segurança o uso de massa e geometria seguras, tanto para o projeto de sistemas de processo quanto para os equipamentos, verifica-se que, em sua grande maioria, os equipamentos possuirão reduzidas áreas de seção transversal e grandes comprimentos. Dessa forma, os inventários por equipamento, circuitos e até por sistemas serão os menores possíveis, mantendo-se contudo um patamar mínimo de condições técnicas necessárias ao estabelecimento de relações vantajosas de custo/benefício para a produção das fábricas.

Assim, em sua maioria, os vasos de processo possuirão algumas geometrias características com diâmetros ou larguras entre 20 a 30 cm, comprimentos entre 1,2 e 2,3 m e alturas variáveis entre 2 e 6 m. O material normalmente utilizado será o aço DIN 1.4541 (aço inoxidável 321) de fabricação alemã, que tem como equivalente de linha mais próximo no mercado nacional o aço inoxidável AISI 304.

As bombas centrífugas possuirão, quase sempre, selo mecânico ou serão do tipo hermético (*canned pumps*). Isso devido ao extenso transporte de soluções (em geral alcalinas) de compostos de urânio, as quais poderiam contaminar pisos e/ou plataformas metálicas no caso da ocorrência de pequenos vazamentos (usualmente aceitáveis nesse tipo de equipamento).

Como em todo o processo produtivo de ambas as fábricas as pressões alcançadas não serão elevadas (sendo o maior valor de aproximadamente 8,0 bar abs. no coletor principal de vapor de processo), deverão ser observados cuidados especiais na especificação de materiais apenas quanto aos seguintes aspectos:

- a) corrosividade - soluções alcalinas diluídas contendo halogênios, considerando a utilização de aços do tipo inoxidável;
- b) tratamento térmico - regiões de alta temperatura, até 650 °C na Fábrica de Pó e até 1750 °C na Fábrica de Pastilhas; e
- c) corrosão galvânica - diversidade de materiais nas regiões de limite de bateria dos sistemas de processo em comparação com os sistemas convencionais.

3.3.7. Sistema de Utilidades

Esses sistemas compreendem os seguintes subsistemas:

- Sistema de Ventilação;
- Sistema de Ar Comprimido;
- Sistema de Água Industrial; e
- Sistema Elétrico;

3.3.7.1. Sistema de Ventilação

O sistema de ventilação forçada das fábricas tem, como objetivo, suprir as suas áreas de ar exterior isento de poeira atmosférica oferecendo melhores condições de trabalho; controlar a poluição dos ambientes internos, que venha ser causada por partículas radioativas em suspensão no ar, vapores e gases diversos do processo fabril, por meio do ajuste da pressão dos ambientes; e exaurir o ar das áreas e lançá-lo à atmosfera isento de qualquer contaminação proveniente do processo, de forma a não provocar agressões ao meio ambiente exterior.

Para conseguir esse efeito levando em conta a compartimentação e características de cada setor do Prédio Principal da Unidade II, foram previstos os circuitos de insuflamento de ar, de exaustão dos ambientes e do processo, e de condicionamento de ar. Esses circuitos estarão centralizados em duas salas de máquinas, sendo uma delas considerada como “zona livre” comportando as unidades de insuflamento e condicionamento de ar. A outra sala de máquinas faz parte da “zona restrita”, comportando as unidades de exaustão dos ambientes e do processo.

A área restrita será dividida em sete setores de controle de pressão, de acordo com sua atividade específica:

- Sala de máquinas de ventilação (ZL);
- Sala de máquinas de ventilação (Z1);
- Acesso, vestiário e circulação;
- Retífica; depósito de pastilhas, pesagem e embalagem;
- Sinterização;
- Oficina de manutenção, prensa, homogeneização e depósito de pó; e
- Processamento de pó, redução e estabilização.

a) Circuito de Insuflamento de Ar

Esse circuito será composto de quatro unidades para a Fábrica de Pó e duas unidades para a Fábrica de Pastilhas (todas independentes e já existentes na Unidade II), movimentando um total estimado de 85.000 e 55.000 m^3/h de ar, respectivamente. Essas unidades serão equipadas com filtros de categoria G3 + F3 (filtros grosso + fino), conforme a norma ABNT - NBR 6401, e ventiladores centrífugos de dupla aspiração. Todo o conjunto será montado em caixas de chapas tratadas térmica e acusticamente. A distribuição de ar será realizada através de redes de dutos construídos em chapas galvanizadas pintadas externamente, quando necessário. O circuito será controlado por abafadores (*dampers*) automáticos e manuais, abafador corta-fogo, para isolamento de áreas em caso de incêndio, e detetores de fluxo de ar, para acionamento de alarmes quando o sistema estiver em operação.

b) Circuito de Exaustão dos Ambientes

As unidades de exaustão dos ambientes serão compostas de caixas de filtros de categoria F3 + A3 (filtros fino + absoluto), conforme a norma ABNT - NBR 6401, e ventiladores centrífugos de simples aspiração (com mancais externos), para facilidade de manutenção. A rede de dutos será construída em chapas galvanizadas ou pretas, pintadas interna e/ou externamente, quando necessário. A exemplo do circuito de insuflamento, o de exaustão terá também abafadores automáticos e manuais, abafadores corta-fogo e detetores de fluxo de ar.

A movimentação total de ar está estimada em 100.000 e 80.000 m^3/h respectivamente para as Fábricas de Pó e Pastilhas de UO_2 . Através dos circuitos de insuflamento de ar e exaustão, será efetuado o controle de pressão dos ambientes. Fazendo parte da rede de dutos, esse controle irá manter a pressão interna de cada ambiente abaixo da atmosférica ou abaixo da pressão dos ambientes contíguos aos controlados. Em caso de abertura de portas, existirá sempre fluxo de ar entrando nos compartimentos da área fabril. Os diferenciais de pressão a serem mantidos estarão na faixa de 0,1 a 0,5 mbar.

c) Circuito de Condicionamento de Ar

O circuito de condicionamento de ar será também composto por unidades independentes, cada uma consistindo de filtros de categoria G3+F3, conforme a norma ABNT - NBR 6401, trocadores de calor e ventiladores centrífugos de dupla aspiração montados em caixas de chapas tratadas térmica e acusticamente. O ar será distribuído pelos ambientes através de redes de dutos e difusores construídos em chapa galvanizada e, quando necessário, pintadas externamente. Além dos controles já descritos nos sistemas anteriores, esse sistema irá controlar a temperatura e a umidade relativa máxima do ar ambiente.

As áreas de apoio, a serem servidas com ar condicionado, compreendem os laboratórios das linhas de produção, pontos de controle, sala dos operadores e pequenos escritórios, com uma carga térmica estimada em 20 toneladas de refrigeração (tr).

3.3.7.2. Sistema de Ar Comprimido

Esse sistema compreende basicamente os circuitos de ar de serviço e ar de processo.

a) Circuito de Ar de Serviço

Será constituído por equipamentos de pré-filtragem, sistema de compressores (em número de dois, sendo um em regime de prontidão) com capacidade efetiva de 228 Nm³/h com pressão final de 8,5 bar abs. no coletor de alimentação, vaso acumulador, colunas de secagem com dispositivo extrator de condensado e óleo (qualidade final do ar - umidade relativa menor ou igual a 2% ou com aproximadamente 70 ppm_m) e rede de distribuição. Um ramal de aproximadamente 50 Nm³/h irá para o circuito de ar de processo. O restante da corrente principal será distribuído como ar de instrumentação e ar de serviço. O sistema será dotado também de dispositivos automáticos de alarme e intertravamento, sendo o sistema de controle comum aos dois compressores.

b) Circuito de Ar de Processo

Será constituído, basicamente, por baterias de colunas de adsorção e filtros separadores de óleo. O circuito receberá uma corrente de ar de serviço de aproximadamente 50 Nm³/h e promoverá a sua depuração, a fim de obter ar na qualidade requerida para uso no processo (isento de óleo e com umidade relativa menor ou igual a 0,2 % ou com aproximadamente 8,5 ppm_m).

3.3.7.3. Sistema de Água Industrial

Esse sistema é subdividido basicamente nos seguintes subsistemas:

- Sistema de abastecimento de água;
- Sistema de água de resfriamento; e
- Sistema de água desmineralizada.

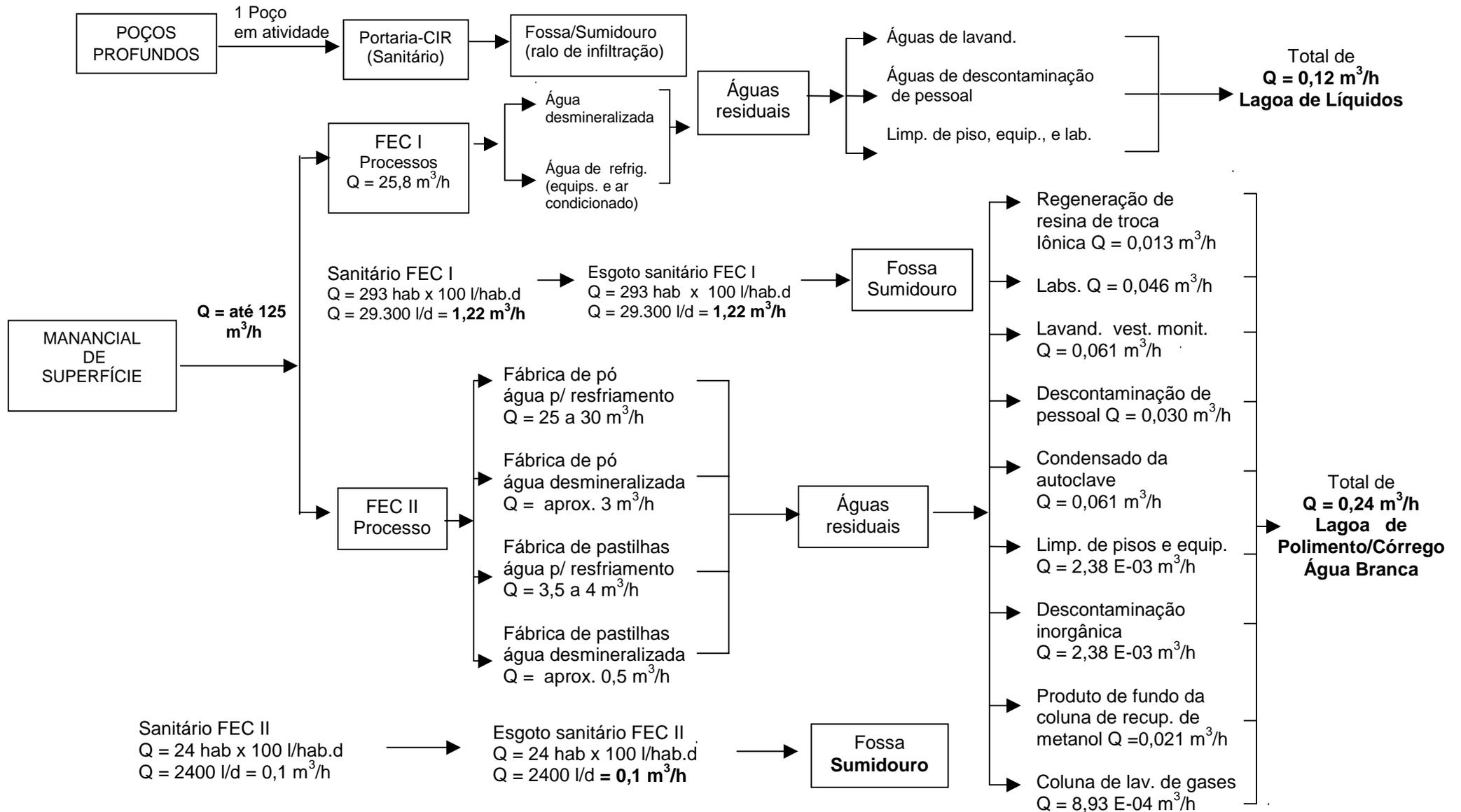
O fluxograma apresentado adiante mostra o balanço hídrico do CIR.

a) Sistema de Abastecimento de Água

O sistema de abastecimento de água do CIR é subdividido em dois circuitos:

- . Captação; e
- . Tratamento de água.

Figura 3.16 BALANÇO HÍDRICO DO CIR



- Circuito de captação de água

A Estação Elevatória de Água Bruta do sistema de abastecimento de água do CIR tem, como objetivo, o recalque da água proveniente do sistema de captação no ribeirão Água Branca para a Estação de Tratamento de Água Industrial. A água é bombeada, por meio de duas bombas submersas com vazão total de 125 m³/h (cada uma delas contribuindo com a metade dessa vazão), para um barrilete de recalque e daí para a linha adutora de água bruta. A adutora de água bruta interliga a Estação Elevatória de Água Bruta com a Estação de Tratamento de Água Industrial.

É importante lembrar que existem três poços profundos na região da FEC que podem ser utilizados em caso de emergência para captação de água, conforme apresentado na Tabela 4.27 do Diagnóstico Ambiental. Estes três poços, juntos, apresentam uma vazão de 38,3 m³/h.

- Circuito de tratamento de água

Esse circuito serve para tratar a água bruta captada e armazená-la em quantidades adequadas, com vistas a atender a demanda de água do CIR considerando as variações sazonais de afluxo de água de superfície. O tratamento da água bruta passa, inicialmente, por um processo de clarificação onde são adicionados sulfato de alumínio, carbonato de sódio ou cal, e um auxiliar de coagulação. A água flui para um clarificador do tipo acelerado, contendo agitadores mecânicos horizontais de acionamento lateral. A ação desses agitadores promove um contato íntimo dos reagentes químicos com a água, em todo o seu volume, aumentando assim a eficiência do processo de floculação das partículas em suspensão. A seguir, é realizada uma filtração através de seixos rolados de rio, areia de sílica classificada e antracito. Após esses tratamentos que envolvem a remoção de sólidos em suspensão, redução de cor e turbidez, e ajuste de pH, a água tratada é considerada como água industrial e o ponto de partida para a obtenção da água de resfriamento e da água desmineralizada utilizadas no CIR.

b) Sistema de Água de Resfriamento

O sistema de água de resfriamento das Fábricas de Produção de Pó e Pastilhas de UO₂ consistirá de três torres de resfriamento de fluxo em contra-corrente, com aspiração forçada; fabricadas em poliéster com estruturas em aço revestidas com epoxy e recheadas com placas corrugadas de PVC do tipo colmeia. Cada torre irá dispor de um ventilador axial de pás ajustáveis, que poderá atuar em duas velocidades (850 rpm e 1750 rpm). A pressão dos coletores de distribuição será mantida maior ou igual a 3,5 bar, estando a temperatura de saída na faixa de 25±5 °C.

A água de resfriamento industrial (quente), proveniente do processo, entrará nas torres pela parte superior, sendo distribuída por canais abertos até o topo do recheio, de forma a fluir uniformemente através deste e ser coletada no fundo da bacia da torre, já resfriada. Durante o processo de resfriamento, serão adicionados produtos químicos, tais como inibidores de corrosão, hipoclorito de sódio e dispersantes.

Os parâmetros das torres de resfriamento estão mostrados na Tabela 3.8, a seguir

Tabela 3.8 PARÂMETROS DE PROCESSO DAS TORRES DE RESFRIAMENTO

PARÂMETROS DE PROCESSO - TORRES DE RESFRIAMENTO	
Temperatura da Água Quente (°C)	38
Temperatura da Água Fria (°C)	27
Temperatura de Bulbo Seco (°C)	24
Carga Térmica (kW a 1750 rpm)	$3 \times 2,67 \times 10^3$
(kW a 850 rpm)	$3 \times 1,33 \times 10^3$
Vazão de Recirculação (m ³ /h)	3 x 206,67
Perdas por Evaporação (%)	1,56
Perdas por Respingo (%)	0,1

Fonte: INB

A água de resfriamento será conduzida às linhas de fabricação de pó e pastilhas de UO₂, para alimentar os diversos equipamentos das fábricas através de rede de distribuição com pressão menor ou igual a 2,0 bar man. e temperatura de 25±5 °C, permitindo assim um adequado controle dos diversos níveis de temperatura desejados. Após o uso no processo de resfriamento, a água retornará às torres a fim de adquirir as condições ideais para nova utilização.

Os principais parâmetros de processo da água industrial utilizada nas fábricas são mostrados nas tabelas 3.9 e 3.10, a seguir:

Tabela 3.9 PARÂMETROS DE PROCESSO DA ÁGUA DE RESFRIAMENTO DA FÁBRICA DE PÓ

PARÂMETROS DE PROCESSO (Fábrica de Pó)	
Vazão (m ³ /h)	25 a 30
Pressão (bar man.)	≤ 2
Temperatura (°C)	25±5

Fonte: INB

Tabela 3.10 PARÂMETROS DE PROCESSO DA ÁGUA DE RESFRIAMENTO DA FÁBRICA DE PASTILHAS

PARÂMETROS DE PROCESSO (Fábrica de Pastilhas)	
Vazão (m ³ /h)	3,5 a 4
Pressão (bar man.)	≤ 3,5
Temperatura (°C)	20

Fonte: INB

c) Sistema de Água Desmineralizada

A água industrial será conduzida através de resinas trocadoras de íons (aniônicas, catiônicas e de leito misto) para a sua desmineralização, sendo então armazenada em vasos de processo para posterior distribuição. O sistema terá capacidade de suprir demandas de até 3 m³/h.

A rede interna de processo das fábricas fornecerá água desmineralizada para os sistemas de precipitação, filtração, lavagem de containers e lavadores de gases da Fábrica de Pó, e para os circuitos de retificação, lavagem de gases da Fábrica de Pastilhas e fornos de sinterização, além de alimentar o sistema de geração de vapor.

Os principais parâmetros de processo do sistema de água desmineralizada são mostrados nas Tabelas 3.11 e 3.12, a seguir:

Tabela 3.11 PARÂMETROS DE PROCESSO DA ÁGUA DESMINERALIZADA DA FÁBRICA DE PÓ

PARÂMETROS DE PROCESSO DA ÁGUA DESMINERALIZADA		
Vazão	(m ³ /h)	≅3
Condutividade	(μS/cm)	0,5
Temperatura	(°C)	20/25

Fonte: INB

Tabela 3.12 PARÂMETROS DE PROCESSO DA ÁGUA DESMINERALIZADA DA FÁBRICA DE PASTILHAS

PARÂMETROS DE PROCESSO DA ÁGUA DESMINERALIZADA (Fábrica de Pastilhas)		
Vazão	(m ³ /h)	≅0,5
Condutividade	(μS/cm)	0,5
Temperatura	(°C)	20

Fonte: INB

3.3.7.4. Sistema Elétrico

As instalações das fábricas serão atendidas por um ramal em 138 kV e 60 Hz do sistema de transmissão de energia elétrica de Furnas Centrais Elétricas através da concessionária local, Companhia de Eletricidade do Rio de Janeiro (CERJ), proveniente de uma ramificação da linha de transmissão Funil - Retiro Saudoso. A ancoragem dessa linha se faz no pórtico de entrada da Subestação Principal do CIR, cuja configuração, em distribuição radial, é composta por uma chave seccionadora motorizada de entrada, um transformador abaixador principal de 138/6,9 kV e 15 MVA e respectivos componentes elétricos de medição e proteção.

As distribuições internas para o processo e sistemas auxiliares contam, atualmente, com níveis de média e baixa tensões. Estas são oriundas de switchgears instalados em salas de distribuição no Prédio Principal da Unidade II. O nível de 6,6 kV, a partir do transformador principal de 15 MVA, é distribuído por dezesseis disjuntores de baixo volume de óleo de 40 kA. Três transformadores com potência de 1.500 kVA cada, localizados no prédio da Unidade II, respondem pela alimentação em 440 V, enquanto que dois outros de 300 kVA cada pela alimentação em 220/127 V. Complementam a distribuição dois transformadores a seco, um de

150 kVA e outro de 45 kVA, destinados aos circuitos de iluminação interna e de ruas. Para a finalidade de suprimento de emergência, conta-se com um grupo diesel-gerador com potência de 1.000 kVA, em 440 V e 60 Hz, e um sistema de alimentação elétrica redundante de 20 kVA e 220 V, do tipo no-break switch. O suprimento em corrente contínua de 24 V e 220 V se dá através de seis retificadores de 400 A e nove de 900 A, redundantes.

A alimentação elétrica das fábricas será proveniente das facilidades acima descritas, com as necessárias adaptações para ajuste dos níveis de tensão e frequência para valores compatíveis com os equipamentos, inicialmente projetadas para os padrões europeus (tensão e frequência nominais de 380 V e 50 Hz, respectivamente). Na atual fase do projeto, está sendo analisada a possibilidade de se adaptar um dos transformadores de distribuição de 1.500 kVA, atualmente com tensão secundária de 440 V, para o novo nível de tensão de 380 V. Os dois transformadores restantes de 1.500 kVA supririam as cargas atuais em 440 V. Quanto aos componentes que requerem alimentação em 50 Hz, principalmente motores, estuda-se a possibilidade de supri-los em 60 Hz.

3.3.8. Sistemas Auxiliares de Processo

São considerados como sistemas auxiliares de processo aqueles que fornecem os insumos complementares nas diversas etapas do processo produtivo das fábricas e que não se enquadram na classe de sistemas típicos de utilidades (tais como água, ar comprimido, energia elétrica, etc.).

Esses sistemas englobam os seguintes subsistemas:

- Sistema Químico Não-Radioativo;
- Sistema de Transporte Pneumático;
- Sistema de Geração de Vapor;
- Sistema de Manuseio e Estocagem de Matérias-Primas e Produtos; e
- Sistema de Instrumentação e Controle.

3.3.8.1. Sistema Químico Não-Radioativo

Esse sistema está subdividido nos seguintes circuitos:

Fábrica de Pó

- Circuito de gás carbônico;
- Circuito de ar de processo;
- Circuito de amônia;
- Circuito de metanol;
- Circuito de pequenas dosagens;
- Circuito de nitrogênio;
- Circuito de hidrogênio; e
- Circuito de óleo BPF.

Fábrica de Pastilhas

- Circuito de nitrogênio;
- Circuito de hidrogênio; e
- Circuito de gás liquefeito de petróleo (GLP).

a) Circuito de Gás Carbônico

O circuito de gás carbônico, a ser fornecido em sistema de comodato, será constituído de um pátio externo de estocagem, um tanque fixo com capacidade máxima de tancagem de 14 toneladas a uma pressão de 20 bar abs. e redes de distribuição. O circuito terá capacidade para suprir demandas instantâneas de até $50 \text{ Nm}^3/\text{h}$ com pressão de entrada de 6 bar abs. nos coletores principais da Fábrica de Pó, à temperatura externa local (considerada como de $25 \pm 5^\circ\text{C}$).

A rede interna de processo (basicamente na etapa de precipitação) será mantida à pressão constante de 6 bar abs. por meio de válvulas reguladoras de pressão, sendo também dotada de dispositivos de controle fino de alimentação de gás, de proteção e de intertravamento. O gás terá pureza igual ou superior a 99,5% em volume (tecnicamente puro), não sendo permitido mais que 0,5% de gases não-absorvíveis em hidróxido de potássio (KOH).

b) Circuito de Ar de Processo

A rede interna de ar de processo, proveniente do sistema de utilidades, vai fornecer ar seco (com umidade relativa menor ou igual a 2% e isento de óleo e poeiras) a uma pressão de 6,5 bar abs. no coletor de distribuição. A pressão será mantida constante em 4 bar abs. por meio de válvulas reguladoras de pressão, sendo também dotada de dispositivos de controle fino de alimentação, de proteção e de intertravamento.

A rede terá capacidade de suprir demandas instantâneas de até $50 \text{ Nm}^3/\text{h}$, fornecendo basicamente ar de processo nas etapas de precipitação e oxidação parcial (estabilização) do pó de UO_2 .

c) Circuito de Amônia

O circuito de amônia, a ser fornecida em caminhão-tanque, será constituído de um pátio externo de estocagem, dois tanques fixos com capacidade máxima de tancagem de 18 toneladas a uma pressão de 15 bar abs. e redes de distribuição. O circuito terá capacidade para suprir demandas instantâneas de até $150 \text{ Nm}^3/\text{h}$ a uma pressão de entrada de 8 bar abs. no coletor principal da Fábrica de Pó, à temperatura externa local (considerada como de $25 \pm 5^\circ\text{C}$).

A rede interna de processo para a fábrica (etapa de precipitação) será mantida com pressão constante de 3 bar abs. por meio de válvulas reguladoras de pressão, sendo também dotada de dispositivos de controle fino de alimentação de gás, de proteção e de intertravamento. O gás terá pureza igual ou superior a 99,98% em volume.

d) Circuito de Metanol

O circuito de metanol (de grau anidro), a ser fornecido em caminhão-tanque, será constituído de um pátio externo de estocagem, um tanque fixo com capacidade de tancagem máxima de 9 m^3 a uma pressão de 1,5 bar abs., sistema de contenção de incêndio e redes de distribuição. O circuito terá capacidade para suprir demandas instantâneas de $2,5 \text{ m}^3/\text{h}$ a uma pressão de alimentação nos coletores principais da Fábrica de Pó (na entrada dos filtros a vácuo) de 3 bar abs., à temperatura externa local (considerada como de $25 \pm 5^\circ\text{C}$).

A rede interna de processo (basicamente na etapa de filtração) será dotada de sistema de acumulação intermediária e bombeamento, recebendo inclusive metanol reciclado após depuração no sistema de tratamento de rejeitos. O metanol líquido anidro terá pureza igual ou superior a 99,5% em peso.

e) Circuito de Pequenas Dosagens

Esse circuito será composto basicamente pelos seguintes subcircuitos: ácido nítrico, cloreto de cálcio, leite de cal e de dosagens locais (H_2O_2 , prestol e hidróxido de alumínio). Esses subcircuitos serão basicamente constituídos de tanques de armazenamento ou de preparação de solução, sistema de bombeamento e transferência, redes de distribuição e dispositivos de dosagem. As características principais de cada um são as seguintes:

- Subcircuito de ácido nítrico (a ser fornecido em caminhão-tanque) - será constituído de um pátio externo de estocagem com um tanque fixo com capacidade de tancagem máxima de 5 m^3 a uma pressão de 2,5 bar abs., sistema de contenção e controle de sobrepressão, rede de distribuição e vaso dosador.
- Subcircuito de cloreto de cálcio (a ser fornecido em caminhão-tanque - solução de 35% em peso) - será constituído de um pátio externo de estocagem com um tanque fixo com capacidade de tancagem máxima de 10 m^3 à pressão atmosférica, rede de distribuição e drenagem e vaso dosador.
- Subcircuito de leite de cal - a ser fornecido na forma sólida, em sacos de 50 kg; será dosado diretamente, em forma sólida.
- Subcircuitos de dosagens locais - serão constituídos principalmente de pequenos vasos de preparação de solução, sistema de bombeamento e transferência e dispositivos de dosagem. Em geral, os elementos a serem alimentados ao processo serão fornecidos em pequenos recipientes, tais como embalagens plásticas (de 1 a 10 kg) e bombonas (de 5 a 20 l).

f) Circuito de Nitrogênio

O circuito de nitrogênio líquido e gasoso, a ser fornecido em sistema de comodato, será constituído de um pátio externo de estocagem, um tanque fixo com capacidade de tancagem máxima de 12 m^3 de nitrogênio líquido à pressão de 13 bar abs., sistema evaporador e redes de distribuição. O circuito terá capacidade para suprir demandas instantâneas de até $120 \text{ Nm}^3/\text{h}$ de gás a uma pressão de entrada de 6 bar abs. nos coletores principais das unidades fabris, à temperatura externa local (considerada como de $23 \pm 4^\circ\text{C}$).

Na Fábrica de Pó, a rede interna de processo fornecerá nitrogênio gasoso basicamente em três circuitos (*loops*) de pressão constante (2,8, 4,5 e 6 bar abs.) por meio de válvulas reguladoras

de pressão, sendo também dotada de dispositivos de controle fino de alimentação de gás, de proteção e de intertravamento. O gás terá pureza igual ou superior a 99,5% em volume.

Na Fábrica de Pastilhas, o nitrogênio gasoso alimentará os fornos de sinterização, em caso de falha de abastecimento de hidrogênio ou GLP, ou durante a parada dos fornos, mantendo a pressão interna em aproximadamente 10 mbar man. com vazão aproximada de 6,3 Nm^3/h . O nitrogênio também possuirá pureza igual ou maior que 99,5% em volume.

g) Circuito de Hidrogênio

Nesse circuito, o hidrogênio, a ser fornecido em sistema de comodato, será armazenado em carretas com capacidade máxima de 3.230 Nm^3 a uma pressão de 200 bar abs., estacionadas em um pátio externo de estocagem e ligadas às redes de distribuição. O circuito terá capacidade de suprir demandas instantâneas de até 60 Nm^3/h a uma pressão de entrada de 7 bar abs. nos coletores principais das unidades fabris, à temperatura externa local (considerada como $25\pm 5^\circ C$).

Na Fábrica de Pó, a rede interna de processo (etapa de redução química) será mantida com pressão constante de 5,5 bar abs. por meio de válvulas reguladoras de pressão, sendo também dotada de dispositivos de controle fino de alimentação do gás, de proteção e de intertravamento. O gás terá pureza igual ou superior a 99,5% em volume.

Na Fábrica de Pastilhas, o H_2 alimentará os fornos de sinterização, mantendo a pressão interna em aproximadamente 10 mbar man.. O sistema será dotado de dispositivos de controle fino de alimentação e de segurança contra queda de pressão no coletor de alimentação. O hidrogênio possuirá também pureza igual ou superior a 99,5% em volume.

h) Circuito de Gás Liqüefeito do Petróleo

O sistema alimentador de GLP, necessário à queima do H_2 cada vez que forem abertas as portas dos fornos de sinterização da Fábrica de Pastilhas, será montado em área externa ao Prédio Principal da Unidade II, sendo constituído de seis recipientes de gás de 90 kg. Esses recipientes serão ligados a um coletor, o qual possuirá válvula redutora de pressão e pressostato para impedir que o circuito opere à baixa pressão e permitir a troca automática do alimentador. No caso de ocorrência de queda de pressão de GLP, serão desligadas automaticamente as resistências de aquecimento dos fornos e iniciada a operação com gás de formação (75% de N_2 e 25% de H_2). O GLP usado será o comercial e sua vazão de consumo da ordem de 0,14 Nm^3/h por forno.

As plantas dos circuitos de gás carbônico, amônia, metanol, nitrogênio, hidrogênio e GLP serão instaladas fora da área de processo (área externa às fábricas). Dessa forma, qualquer atuação que se faça necessária nessas estações ocorrerá sem que haja necessidade do acionamento dos dispositivos de proteção radiológica.

As plantas de gás carbônico, nitrogênio e de hidrogênio serão instaladas via contrato de comodato, ou seja, os reabastecimentos, manutenções e assistências técnicas em geral correrão por conta da empresa contratada.

3.3.8.2. Sistema de Transporte Pneumático

Para a Fábrica de Pó, está previsto um sistema pneumático com as seguintes funções:

- Transporte do pó de TCAU dos filtros rotativos a vácuo para o forno de leito fluidizado; e
- Transporte de pó de UO_2 do vaso de estabilização do forno de leito fluidizado para os homogeneizadores;

Esse sistema será composto basicamente de um ventilador centrífugo de simples aspiração acoplado a uma caixa de filtragem de categoria G3+F3+A3, conforme a norma ABNT-NBR 6401, interligando as etapas do processo através de redes de dutos. A pressão requerida será de -1700 mm H_2O (-170 mbar).

Para a Fábrica de Pastilhas, está previsto um sistema pneumático com as seguintes funções:

- Transporte do pó de UO_2 dos homogeneizadores (situados na Fábrica de Pó) para a prensa de pastilhas rotativa; e
- Transporte de U_3O_8 , lama da retífica e UO_2 tratados na recuperação da sucata, a serem classificados e acondicionados em tambores para posterior envio aos homogeneizadores.

A pressão requerida para esse sistema será de 5.000 mm H_2O (500 mbar), a ser composto basicamente de dois ventiladores centrífugos operando em série acoplados a uma caixa de filtragem de categoria G3+F3+A3, interligando as etapas do processo através de rede de dutos.

3.3.8.3. Sistema de Geração de Vapor

O sistema de geração de vapor será constituído de um pátio externo com cobertura (consistindo na casa da caldeira), uma caldeira alimentada a óleo BPF do tipo unidade compacta com capacidade de produção de até 0,5 t/h de vapor saturado a uma pressão máxima de operação de 135 lb/pol² man. (temperatura de 179°C), um tanque pulmão de água desmineralizada com capacidade de 3 m³, equipamentos auxiliares e redes de distribuição adequadas ao transporte de vapor.

A rede interna de processo (basicamente nas etapas de precipitação, redução, recuperação de compostos de urânio e sistema de tratamento de efluentes) será mantida à pressão constante de 4 bar abs. por meio de válvulas reguladoras de pressão, sendo também dotada de dispositivos de controle fino de alimentação de vapor, de proteção e de intertravamento. O vapor poderá, também, ser fornecido ligeiramente superaquecido.

3.3.8.4. Sistema de Manuseio e Estocagem de Matérias-Primas e Produtos

a) Manuseio e Estocagem Temporária do Pó de UO_2

Após à etapa de estabilização, o pó de UO_2 será transferido pneumáticamente para os vasos homogeneizadores objetivando fornecer à unidade de peletização uma matéria-prima de propriedades mais constantes, de forma a manter a estabilidade e qualidade do processo de fabricação das pastilhas de UO_2

Ainda como carga adicional nos vasos homogeneizadores, serão efetuadas adições de material sólido, sob a forma de octóxido de triurânio (U_3O_8), até o limite de 10% da batelada de produção homogeneizada. Esse material sólido será proveniente da reciclagem dos resíduos da fabricação de pastilhas, tais como: a lama de retifica, o pó proveniente de quebra de pastilhas e o pó proveniente da recusa durante a inspeção final, assim como o resíduo sólido oriundo do processo de pré-tratamento de efluentes (APOFU ou APONU).

O pó de UO_2 , para substituição ocasional do U_3O_8 nos vasos homogeneizadores, poderá também ser temporariamente acondicionado no Depósito de Pó. O Depósito de Pó, medindo 11,40 m de largura por 9,40 m de comprimento, ficará situado no setor de peletização da Fábrica de Pastilhas no Prédio Principal da Unidade II, separado das demais áreas por meio de paredes de concreto. O seu projeto adotou as seguintes medidas construtivas e administrativas em atendimento ao princípio de moderação controlada dos nêutrons rápidos liberados pelo UO_2 em pó:

- Construção sólida com paredes, teto e piso de concreto, de maneira a garantir o isolamento do Depósito, especialmente no que concerne à penetração de água ou vapor, mesmo em caso de ocorrência de abalos sísmicos, inundação e/ou incêndio;
- Portas construídas de tal forma a assegurar a máxima vedação possível, não permitindo a penetração de água ou vapor;
- Inexistência de tubulações de água ou vapor, inclusive de tubulações que recolham água de calhas pluviométricas;
- Inexistência de ralos de escoamento no piso, a fim de evitar refluxos de água;
- Proibição da extinção de incêndio por meio de água (somente permitida a utilização de extintores de carga seca);
- Proibição de estocagem de materiais moderadores de nêutrons, tais como papel, madeira e materiais sintéticos; e
- Controle da umidade do pó de UO_2 antes da sua estocagem, só sendo permitida a entrada de pó com umidade residual inferior a 1% em peso, incluindo o erro de medição;
- Armazenamento do pó de UO_2 em recipientes cilíndricos próprios com paredes de aço de 1 mm de espessura, providos de tampa de vedação e um anel tensor com fecho para evitar a penetração de umidade no recipiente;
- Manutenção de um espaçamento lateral mínimo entre os recipientes de armazenagem através de tambores espaçadores feitos em aço, com paredes laterais de 1 mm e fundo de 1,5 mm de espessura, tendo no seu interior uma estrutura de aço destinada a centrar o recipiente de armazenagem dentro do tambor; e
- Estocagem dos tambores no piso do Depósito, de modo a poderem ser empilhados no máximo três recipientes de armazenagem em cada posição, com o cilindro inferior

centrado no tambor espaçador por dispositivo apropriado de centralização, para que a distância lateral mínima entre os eixos dos tambores vizinhos seja de 60 cm.

b) Manuseio e estocagem das pastilhas de UO_2

O local do Depósito de Pastilhas (Figura 3.17) será contíguo ao setor de peletização da Fábrica de Pastilhas e ao setor (contaminado) de enchimento das varetas de combustível no Prédio Principal da Unidade II. A área do depósito, medindo 10 m de largura por 15 m de comprimento, será separada das demais áreas de produção por meio de paredes de concreto. Para o armazenamento das pastilhas, vai se dispor de estantes constituídas de sete planos superpostos com um afastamento entre si de 65 cm.

A exemplo do Depósito de Pó, o projeto do Depósito de Pastilhas também adotou medidas construtivas e administrativas, para mantê-lo seco e protegido contra a penetração de água e vapor em atendimento ao princípio de moderação controlada dos nêutrons rápidos liberados pelas pastilhas de UO_2 , como segue:

- Construção compacta, com paredes, piso e teto sólidos, que garantam o isolamento da sua área, especialmente no que se refere à presença de água e vapor, mesmo em condições de abalos sísmicos, incêndio e/ou inundação;
- Inexistência de tubulações de água e vapor;
- Medidas construtivas adequadas, para evitar qualquer penetração de água, inclusive pluvial, ou vapores;
- Proteção contra a penetração de água dos locais contíguos interligados através de portas;
- Proibição de combate e extinção de fogo por meio de água, em casos de incêndio (permissão para uso somente de extintores de carga seca);
- Proibição de estocagem de materiais moderadores de nêutrons, tais como papel, madeira e materiais sintéticos, salvo em pequenas quantidades estritamente necessárias;



Figura 3.17 LOCAL DO DEPÓSITO DE PASTILHAS

- Inexistência de ralos de escoamento no piso, para evitar refluxos de água;
- Controle da umidade das pastilhas de UO_2 antes da sua estocagem, só sendo permitida a entrada de pastilhas secas;
- Armazenamento das pastilhas de UO_2 em estantes de estrutura metálica, compactas e robustas, o suficiente para manter a disposição rígida das caixas de pastilhas em caso de eventuais acidentes como inundação, abalo sísmico, incêndio, etc. Serão cinco estantes com cinco prateleiras de aço, distanciadas umas das outras de 65 cm e com capacidade para 780 caixas, sendo três (duas de modelo A e uma de modelo B) posicionadas próximas às paredes laterais e as outras duas (de modelo C) no meio do Depósito, distanciadas de 2,80, 2,60 e 3,20 m das primeiras;
- Estocagem das pastilhas secas dentro de caixas de aço com dimensões internas de 31 x 30 x 18,2 cm, fixadas por parafusos espaçadores sobre bandejas onduladas de aço denominadas paletas, em fileiras de três caixas. Entre as bandejas, será colocada uma fina camada de espuma de plástico de 20 g, contendo 8,3% em peso de hidrogênio, de modo que a razão H/U-235 no interior das caixas seja inferior a 4 e a massa de UO_2 por caixa seja inferior a 66 kg, no caso das pastilhas para a usina de Angra 1, e 74 kg, no caso da usina de Angra 2. As caixas serão fechadas com uma tampa de aço aparafusada, fabricada de maneira a impedir a penetração de água ou umidade.
- Uso de empilhadeira elétrica para transporte das paletas e sua colocação na posição correta sobre trilhos-guias das prateleiras, resultando numa disposição rígida e segura das caixas de pastilhas, com proteção contra quedas e distância entre as filas de 30 e 50 cm nas direções horizontal e vertical, respectivamente.

3.3.8.5. Sistema de Instrumentação e Controle

A filosofia de controle distribuído, aplicada na Fábrica de Produção de Pó de UO_2 , irá dispor de painéis locais com funções de supervisão e controle com indicação e, em alguns casos, atuação das principais variáveis de processo. Esses painéis, do tipo sinóptico, serão também responsáveis pela anunciação local dos eventos e alarmes do processo.

A instrumentação de processo da Fábrica de Pó irá misturar componentes do tipo convencional com alguns controles lógicos programáveis (CLPs). As funções de controle e intertravamento serão implementadas a partir de CLPs, de válvulas eletro-pneumáticas auto-reguladas ou com a atuação direta de componentes e/ou equipamentos através de instrumentos específicos de medição e controle como pressostatos, termostatos, medidores de pH e outros., quando atingidos níveis de alarme das variáveis do processo.

Na Fábrica de Pastilhas, devido às características do processo, a anunciação de eventos ou alarmes e os controles e intertravamentos, em sua quase totalidade, serão realizados através de painéis que serão partes integrantes dos próprios equipamentos de produção. Exceção feita apenas para os fornos de sinterização, que terão controles e intertravamentos dos principais componentes implementado a partir de lógica de relés. Essa lógica, que vai incorporar também a anunciação de eventos e alarmes do processo via painel sinóptico local, permitirá a

operação segura dos circuitos de alimentação de hidrogênio, nitrogênio, GLP e água de resfriamento, além da entrada e saída das navetas

A instrumentação, a ser utilizada no processo da Fábrica de Pastilhas, deverá ser à prova de explosão e apresentar alta confiabilidade e precisão, tanto em operação normal quanto em situações de emergência.

3.3.9. Sistemas de Serviços

Para as fábricas, estão previstos os seguintes sistemas de serviço:

3.3.9.1. Sistema de Alarmes e Comunicações de Segurança

Os níveis de radiação alfa, beta e gama serão monitorados rotineiramente em todas as áreas de processo. Nessas áreas, serão instalados em locais estratégicos detectores e/ou medidores de radiação com alarme. Serão instalados alarmes audíveis e visíveis, com atuação conjunta, nas áreas onde haja possibilidade de existir exposição maior do que os limites previstos nas normas aplicáveis. Será instalado, também, um sistema de detecção e extinção de fogo, com sensores para fumaça e calor acoplados a alarmes específicos.

As comunicações de segurança, em adição à rede telefônica, serão realizadas através de sistema de viva-voz, com alto-falantes espalhados pelas fábricas, complementadas por uma rede de bips.

3.3.9.2. Sistema de Combate a Incêndio

De acordo com a análise de riscos de incêndio realizada, serão utilizados nas fábricas os seguintes agentes extintores:

- Água; e
- Gás carbônico (CO₂).

a) Água

O combate a incêndio com água como agente extintor será feito utilizando-se:

- Hidrantes; e
- Sistema de chuveiros de água contra incêndio

À exceção das salas das Fábricas de Produção de Pó e Pastilhas de UO₂ da Unidade II da FEC, onde não será utilizada água para combate a incêndio, todas as demais dependências serão atendidas por chuveiros, hidrantes e/ou extintores de água.

O sistema de chuveiros de água contra incêndio, ora utilizado na Unidade I da FEC, tem a forma de anel externo e será ampliado para atender de forma mais ampla o pátio de tancagem das fábricas da Unidade II, incluindo o projeto e especificação de um hidrante e um canhão

com comando remoto. A rede foi dimensionada para atender a demanda dos chuveiros de água, a serem instalados nas áreas com maior demanda de água, mais 1.900 litros por minuto durante trinta minutos para operação dos hidrantes (pressão mínima aceitável de 4,6 kg/cm² man.).

As duas bombas do sistema serão projetadas de forma a garantir pressão e vazão adequadas com 100% da capacidade nominal de bombeamento do sistema, assumindo-se a falha de uma das bombas ou a perda de alimentação de energia elétrica externa (blecaute). Haverá alarme em locais assistidos pelos operadores, para indicar a entrada em funcionamento das bombas de combate a incêndio.

b) Gás Carbônico

Serão instalados sistemas fixos de CO₂ com atuação automática em áreas onde vai haver grande concentração de material combustível. Incluem-se nesse caso os filtros rotativos a vácuo da Fábrica de Pó e o forno de leito fluidizado.

Serão instalados sistemas de CO₂ semi-automáticos nas seguintes áreas:

- motores dos homogeneizadores (Fábrica de Pó);
- sala UFD 01-109 (Fábrica de Pó);
- topo do CM-01; e
- sala da prensa (Fábrica de Pastilhas).

O dispositivo de controle do acionamento do sistema de combate a incêndio a gás será instalado pelo lado externo da área de sua proteção. Haverá um retardo para os acionamentos automático e semi-automático desse sistema e alarme audiovisual na área de sua proteção, para atuarem antes do disparo do gás. As salas das fábricas, não servidas pelo acionamento automático ou semi-automático do sistema de gás, serão atendidas por extintores ou por carretas de CO₂.

3.3.9.3. Sistema Laboratorial

O sistema laboratorial será montado de forma a atender os procedimentos de controle da qualidade de matéria-prima e de produto. Para tal, será dividido em laboratório de ensaios físicos e metalográficos, e laboratório de ensaios químicos e radiológicos.

a) Laboratório de Ensaios Físicos e Metalográficos

Esse laboratório ocupará uma sala situada na área controlada das fábricas no Prédio Principal da Unidade II, para realizar o controle de qualidade das pastilhas verdes e sinterizadas a partir de diversas caracterizações físicas executadas por meio dos aparelhos nele instalados.

Estas caracterizações vão constar de análises metalográficas, destacando-se os ensaios de dureza, tração, densidade, granulometria, estrutura de grão, rugosidade, superfície específica, ruptura e análise dimensional (diâmetro, comprimento, perpendicularidade e *dishing*).

Para a realização dessas rotinas, o laboratório contará com os seguintes tipos de aparelhos:

projetores de perfis, microscópios ópticos e eletrônicos, prensa, dispositivos para testes de tração, densímetro, politrizes e outros. Esse laboratório contará, também, com bancadas de trabalho, capelas, pias, etc.

Para os equipamentos e aparelhos de métodos físicos de análise, são previstos os seguintes insumos: GLP, N₂, CO₂, ar comprimido, água desmineralizada que, somados à infra-estrutura de alimentação elétrica, ventilação e condicionamento de ar, propiciarão condições para um perfeito controle dos produtos e subprodutos gerados na linha de pastilhas.

b) Laboratório de Ensaios Químicos e Radiológicos

Esse laboratório já se encontra instalado em quatro salas do prédio de Unidade II, devendo ser utilizado para a realização de ensaios de relação U/O, teor de urânio, teor de umidade e contaminantes no produto final, bem como para o acompanhamento analítico-radiológico dos sistemas auxiliares e do sistema de tratamento de efluentes.

3.3.10. Organização do Complexo Industrial de Resende

O CIR conta atualmente com 317 empregados, assim distribuídos pelas Unidades I e II conforme discriminação por categoria profissional:

- Gerência e Funcionamento da Unidade I -

Nível superior	77
Nível técnico	153
Apoio	63
Sub-Total	293
- Implantação da Unidade II -

Nível superior	18
Nível técnico	4
Apoio	2
Sub-Total	24

A implantação do novo empreendimento irá gerar 222 novos postos de trabalho, assim divididos:

- Fases de projeto, fabricação dos equipamentos, construção e montagem - 85
- Fases de comissionamento/partida e operação comercial - 137

3.3.10.1. Organização Operacional da Unidade II

Todo o pessoal técnico de operação e de manutenção da Unidade II está em treinamento na Argentina para que possam iniciar as atividades de produção.

A fase de comissionamento das fábricas terá como objetivo a demonstração de que os equipamentos e sistemas funcionarão, de forma individual e integrada, em conformidade com as especificações estabelecidas por projeto.

Serão adotados procedimentos escritos, com controle das revisões, alterações e aprovação, referentes ao comissionamento, operação, manutenção e testes, para todas as atividades das fábricas.

Os registros das fábricas, sejam eles de operação, de garantia da qualidade e de segurança, serão devidamente arquivados pelos grupos pertinentes por, pelo menos, cinco anos.

Visando atender à demanda estimada de pastilhas sinterizadas de UO₂, a Fábrica de Pó terá por meta inicial a produção de 74 toneladas por ano, de forma a trabalhar em regime produtivo durante 240 dias por ano. A produção, em turnos de revezamento de seis horas, será considerada por períodos de oito horas (dois períodos para produção efetiva e um para preparação ou início de produção), sendo o serviço interrompido nos finais de semana. É previsto o sistema de férias coletivas, para eliminar a necessidade de equipes de revezamento para a cobertura de férias individuais, bem como para realizar a parada programada para revisão geral de manutenção de ambas as plantas.

Os turnos de produção serão compostos por profissionais distribuídos nas áreas de operação, manutenção, qualidade e segurança. Equipes de apoio à produção atuarão em horário administrativo, excetuando-se as de utilidades que também atuarão em regime de turnos de revezamento.

Todo o efetivo citado, com exceção daquele lotado na área de operação, trabalhará indistintamente em ambas as fábricas. A distribuição das equipes, por turno, nas tarefas de produção de pó e pastilhas de UO₂ e de apoio, por área de atuação e por atividade, é apresentada nas Tabelas 3.13 a 3.22, a seguir.

Tabela 3.13 EQUIPE DE OPERAÇÃO DA ÁREA DE PRODUÇÃO - FÁBRICA DE PASTILHAS

PRODUÇÃO - PASTILHAS			
CATEGORIA PROFISSIONAL	QUANTIDADE	HORÁRIO DE TRABALHO	ATIVIDADE
PROF NIV SUP B - II	1	ADMINISTRATIVO	APOIO
TEC NIV MED B - II	3	FIXO	SUPERVISÃO
OF OPER B - III	1	ADMINISTRATIVO	APOIO
OF OPER B - III	3	FIXO	OPER. PRENSA
OF OPER B - III	3	FIXO	OPER. RETÍFICA
OF OPER B - I	6	FIXO	OPER. FORNO SINTERIZAÇÃO
TOTAL	17		

Fonte: INB

Tabela 3.14 EQUIPE DE OPERAÇÃO DA ÁREA DE PRODUÇÃO DA FÁBRICA DE PÓ

PRODUÇÃO - PÓ			
CATEGORIA PROFISSIONAL	QUANTIDADE	HORÁRIO DE TRABALHO	ATIVIDADE
PROF NIV SUP B - II	1	ADMINISTRATIVO	APOIO
TEC NIV MED B - II	3	FIXO	SUPERVISÃO
OF OPER B - III	1	ADMINISTRATIVO	APOIO
OF OPER B - III	6	FIXO	OPER. FORNO LEITO FLUIDIZADO
OF OPER B - I	3	FIXO	OPER. FILTRO
OF OPER B - I	6	FIXO	OPER. PAINEL E AUTOCLAVE.
TOTAL	20		

Fonte: INB

Tabela 3.15 EQUIPE DE OPERAÇÃO DA ÁREA DE UTILIDADES DE AMBAS AS FÁBRICAS

UTILIDADES - PÓ E PASTILHAS			
CATEGORIA PROFISSIONAL	QUANTIDADE	HORÁRIO DE TRABALHO	ATIVIDADE
OF OPER B - I	8	REVEZAMENTO	OPER. UTILIDADES
TOTAL	8		

Fonte: INB

Tabela 3.16 EQUIPE DE MANUTENÇÃO DE AMBAS AS FÁBRICAS

MANUTENÇÃO - PÓ E PASTILHAS			
CATEGORIA PROFISSIONAL	QUANTIDADE	HORÁRIO DE TRABALHO	ATIVIDADE
PROF NIV SUP B - II	1	ADMINISTRATIVO	SUPERVISÃO
TEC NIV MED B - II	2	ADMINISTRATIVO	PLAN. E CONTR. DE MANUT.(PCM)
TEC NIV MED B - II	3	FIXO	MECÂNICA
TEC NIV MED B - I	3	FIXO	ELÉTRICA
OF OPER B - II	3	FIXO	MECÂNICA
OF OPER B - II	3	FIXO	ELETR./INSTRUM
OF OPER B - I	3	FIXO	ELÉTRICA
OF OPER B - I	2	ADMINISTRATIVO	PREDIAL
TOTAL	20		

Fonte: INB

Tabela 3.17 EQUIPE DE ENGENHARIA DE PRODUTO DE AMBAS AS FÁBRICAS

ENGENHARIA DE PRODUTO - PÓ E PASTILHAS			
CATEGORIA PROFISSIONAL	QUANTIDADE	HORÁRIO DE TRABALHO	ATIVIDADE
PROF NIV SUP B - III	2	ADMINISTRATIVO	ESPECIFICAÇÃO
PROF NIV SUP B - III	1	ADMINISTRATIVO	ESPECIFICAÇÃO
TOTAL	3		

Fonte: INB

Tabela 3.18 EQUIPE DE ENGENHARIA DE PROCESSO DE AMBAS AS FÁBRICAS

ENGENHARIA DE PROCESSO - PÓ E PASTILHAS			
CATEGORIA PROFISSIONAL	QUANTIDADE	HORÁRIO DE TRABALHO	ATIVIDADE
PROF NIV SUP B - II	1	ADMINISTRATIVO	CONTROLE DE PROCESSO
PROF NIV SUP A - III	2	ADMINISTRATIVO	CONTROLE DE PROCESSO
TOTAL	3		

Fonte: INB

Tabela 3.19 EQUIPE DE CONTROLE DA QUALIDADE DE AMBAS AS FÁBRICAS

QUALIDADE - PÓ E PASTILHAS			
CATEGORIA PROFISSIONAL	QUANTIDADE	HORÁRIO DE TRABALHO	ATIVIDADE
PROF NIV SUP B - III	1	ADMINISTRATIVO	LABOR. QUÍMICO
PROF NIV SUP B - I	1	ADMINISTRATIVO	LABOR. MATERIAIS
TEC NIV MED B - II	3	ADMINISTRATIVO	LABOR. QUÍMICO
TEC NIV MED B - II	1	ADMINISTRATIVO	LABOR. MATERIAIS
TEC NIV MED B - II	3	FIXO	INSPEÇÃO
TEC NIV MED B - I	1	ADMINISTRATIVO	LABOR. MATERIAIS
TOTAL	10		

Fonte: INB

Tabela 3.20 EQUIPE DE SEGURANÇA E PROTEÇÃO RADIOLÓGICA DAS FÁBRICAS

SEGURANÇA/PROTEÇÃO RADIOLÓGICA - PÓ E PASTILHAS			
CATEGORIA PROFISSIONAL	QUANTIDADE	HORÁRIO DE TRABALHO	ATIVIDADE
PROF NIV SUP B - III	3	FIXO	SEGURANÇA E PROTEÇÃO RADIOLÓGICA
PROF NIV SUP B - III	1	ADMINISTRATIVO	SEGURANÇA E PROTEÇÃO RADIOLÓGICA
TEC NIV MED B - III	6	FIXO	SEGURANÇA E PROTEÇÃO RADIOLÓGICA
TEC NIV MED B - III	1	ADMINISTRATIVO	SEGURANÇA E PROTEÇÃO RADIOLÓGICA
TOTAL	11		

Fonte: INB

Tabela 3.21 EQUIPE DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO DE PÓ E PASTILHAS

PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO (PCP)			
CATEGORIA PROFISSIONAL	QUANTIDADE	HORÁRIO DE TRABALHO	ATIVIDADE
TEC NIV MED B - II	1	ADMINISTRATIVO	PCP
OF OPER B - II	1	ADMINISTRATIVO	ALMOXARIFADO
OF OPER B - I	1	ADMINISTRATIVO	ALMOXARIFADO
TOTAL	3		

Fonte: INB

Tabela 3.22 PESSOAL ENVOLVIDO NA PRODUÇÃO DE PÓ E PASTILHAS DE UO₂

CATEGORIA PROFISSIONAL	EQUIPE TOTAL	ÁREA							
		Prod. Pó	Prod. Past.	Prod. Utilid.	Manut.	Eng.	Qual.	Seg.	PCP
OF OPER B - I	29	9	6	8	5	-	-	-	1
OF OPER B - II	7	-	-	-	6	-	-	-	1
OF OPER B - III	14	7	7	-	-	-	-	-	-
TEC NIV MED B - I	4	-	-	-	3	-	1	-	-
TEC NIV MED B - II	19	3	3	-	5	-	7	-	1
TEC NIV MED B - III	7	-	-	-	-	-	-	7	-
PROF NIV SUP A - III	2	-	-	-	-	2	-	-	-
PROF NIV SUP B - I	1	-	-	-	-	-	1	-	-
PROF NIV SUP B - II	4	1	1	-	1	1	-	-	-
PROF NIV SUP B - III	8	-	-	-	-	3	1	4	-
TOTAL	95	20	17	8	20	6	10	11	3

Fonte: INB

3.4. SISTEMAS DE TRATAMENTO E DESTINAÇÃO FINAL DOS REJEITOS

3.4.1. Gerência e Confinamento de Rejeitos

O gerenciamento de rejeitos tem por objetivo a rígida manutenção de níveis de radiação tão baixos quanto razoavelmente exequíveis e o controle das emissões gasosas e das liberações de efluentes líquidos através da aplicação de técnicas para descarte, comercialização ou confinamento dos rejeitos gasosos, líquidos e sólidos, sejam radioativos ou não, de modo a reduzir os impactos ambientais a valores considerados aceitáveis pelos órgãos competentes em função das normas ambientais aplicáveis para esse tipo de processamento industrial.

3.4.1.1. Caracterização e Processamento dos Rejeitos

a) Fábrica de Pó

- Rejeitos Radioativos

- Processamento dos rejeitos líquidos radioativos

A Fábrica de Pó irá gerar os seguintes rejeitos líquidos radioativos:

- . Filtrado de APOFU;
- . Metanol; e
- . Óleo lubrificante usado.

. Filtrado de APOFU

O filtrado de APOFU, composto basicamente de uma solução de fluoreto de amônio (NH_4F), será encaminhado para um vaso precipitador para receber a adição de cloreto de cálcio ($CaCl_2$) a 35% em peso, ocorrendo a precipitação do fluoreto de cálcio (CaF_2) ou fluorita gerado na reação. O conteúdo do precipitador será enviado para filtração. A torta de CaF_2 , após ser analisada quanto à atividade, será acondicionada em tambores e posta à disposição para comercialização. O filtrado resultante será enviado para um tanque de armazenamento como solução de cloreto de amônio (NH_4Cl) e analisado quanto à atividade, para que esses valores estejam dentro dos limites estabelecidos pela CNEN para comercialização. Em caso contrário, a solução deverá retornar ao vaso precipitador, para novo tratamento.

. Metanol

O metanol, após a segunda lavagem da torta de TCAU, será regenerado e reintroduzido no processo produtivo. O produto de fundo da coluna será encaminhado para o sistema KME 02, onde será analisado e submetido ao tratamento com leite de cal, a fim de remover o fluoreto e urânio presentes. O metanol será encaminhado para um vaso precipitador, para ser adicionado leite de cal [$Ca(OH)_2$], ocorrendo a precipitação de fluoreto de cálcio (CaF_2) gerado na reação. O conteúdo do precipitador será enviado para filtração.

A torta de CaF_2 , urânio e cal não-reagida será acondicionada em tambores e armazenada como rejeito sólido radioativo. O filtrado será analisado quanto a contaminação química e

radiológica, sendo posteriormente transferido para o sistema KMF 02 (águas residuais onde será submetido a monitoramento final, antes de ser lavado). Este filtrado, composto basicamente de metanol, água e hidróxido de amônio (NH_4OH), será alimentado em um destilador com injeção direta de vapor saturado.

O produto de topo obtido será armazenado em um tanque intermediário, até ser analisado quanto ao grau de pureza. Em caso de aprovação, ou seja, com pureza igual ou maior que 95,6%, será transferido para o tanque de metanol purificado, ficando à disposição para nova utilização. Em caso contrário, o produto será realimentado no destilador. Os gases gerados nessa fase do processo serão retirados e encaminhados para o sistema de tratamento de rejeitos gasosos. O produto de fundo do destilador, composto basicamente de água e metanol (aproximadamente 0,3%), será encaminhado para o sistema KME 02, para ser tratado e posteriormente enviado para o sistema KMF 02, onde será armazenado em um tanque intermediário, para ser analisado quanto à atividade e ter o pH corrigido (para valores entre 5 e 9) com hidróxido de sódio ($NaOH$). No caso de estar abaixo dos limites permitidos pela FEEMA (para elementos não-radioativos) e pela CNEN (para radionuclídeos), será lançado no decantador de lamelas e finalmente na lagoa de polimento. Em caso contrário, será tratado com leite de cal, até que se atinja os níveis mínimos previstos para lançamento.

. Óleo lubrificante usado

O óleo lubrificante usado, retirado de equipamentos instalados na área contaminada, tais como motores e bombas, será acondicionado em tambores e enviados para armazenamento como rejeito líquido radioativo.

- Processamento dos rejeitos sólidos radioativos

A Fábrica de Pó irá gerar os seguintes tipos de rejeitos sólidos radioativos:

- . Rejeitos gerados nas várias etapas do processo; e
- . Sucata de diversos materiais utilizados no interior da área contaminada.

. Restos de UF_6 nos cilindros 30B após esvaziamento

Os resíduos de UF_6 restantes nos cilindros 30B, após terminada a evaporação, serão recuperados e reintroduzidos no processo. A evaporação será suspensa quando restarem cerca de 10 kg de UF_6 no interior do cilindro 30B. Este será, então, enviado à estação de esvaziamento e limpeza, para aquecimento até $100^\circ C$. Atingida esta temperatura, a válvula do cilindro será aberta e o UF_6 aspirado por um sistema constituído de uma bomba de vácuo do tipo de anel líquido e vasos absorvedores trabalhando em circuito fechado. O UF_6 recuperado será dissolvido em água carbonatada no interior desse sistema e a solução formada reintroduzida no processo através do precipitador de TCAU. Os gases gerados nessa fase do processo serão retirados e encaminhados para o sistema de lavagem e depuração de gases.

Rejeitos gerados nas várias etapas do processo

Os rejeitos sólidos radioativos, a serem gerados no decorrer do processo, ou seja, a torta composta de CaF₂, urânio e cal não-reagida, serão acondicionados em tambores e armazenados como descrito no item 3.4.3.2 adiante.

Sucata de diversos materiais utilizados na área contaminada

Tais rejeitos serão gerados devido à impossibilidade de saída de qualquer material da área contaminada, após sua utilização, sem que tenha sido devidamente descontaminado ou acondicionado.

Os principais tipos de rejeitos sólidos, a serem gerados nesse caso, são:

- . Sucata de filtros;
- . Sucata de material de limpeza;
- . Papéis usados;
- . Sucata de peças e ferramentas; e
- . Sucata de equipamentos de proteção individual (EPIs), tais como uniformes, gorros, luvas, sobre-sapatos, óculos de proteção, etc.

Todo esse material, por não ser passível de descontaminação, será acondicionado em tambores lacrados e encaminhados para armazenamento como rejeito sólido radioativo.

- Processamento dos rejeitos gasosos radioativos

Na Fábrica de Pó, os rejeitos gasosos passíveis de contaminação radioativa serão basicamente gerados no tratamento do APOFU (amônia e gás carbônico), regeneração do metanol (amônia) e área de processamento de rejeitos. Tais gases serão aspirados pelo sistema de exaustão de processo, através de lavadores do tipo aspensor, para retenção de partículas em suspensão e ajuste final da qualidade dos gases de escape para os limites de liberação estabelecidos pelo CONAMA e pela CNEN. Após um certo número de bateladas do processo, o conteúdo dos lavadores será removido para compor a carga inicial dos lavadores-absorvedores no início do processo de reconversão.

• Rejeitos Não-Radioativos

- Efluentes líquidos e resíduos sólidos

Na Fábrica de Pó, os rejeitos sólidos não-radioativos gerados serão basicamente os mesmos já abordados no item sobre rejeitos líquidos e sólidos radioativos, diferindo apenas na origem, ou seja, não tiveram contato com a área contaminada, tendo portanto destino de rejeito normal ou convencional (em conformidade com a Resolução CONAMA 06/88).

b) Fábrica de Pastilhas

- Rejeitos radioativos

- Processamento dos rejeitos líquidos radioativos

Na Fábrica de Pastilhas, os eventuais efluentes líquidos radioativos serão oriundos da limpeza de equipamentos e pisos e de óleo lubrificante usado.

- . Limpeza de equipamentos e pisos

Os rejeitos provenientes da limpeza de equipamentos e pisos serão recolhidos em um tanque de coleta de água de lavagem e conduzidos para decantadores. A lama decantada será acondicionada em tambores fechados e apropriadamente vedados e enviada para armazenamento como rejeito sólido radioativo, conforme descrito no item 3.4.3.1, adiante.

O sobrenadante será tratado com leite de cal [Ca(OH)₂], gerando uma suspensão que será filtrada. A torta obtida terá o mesmo destino da lama anteriormente citada, e o filtrado será analisado quanto à atividade e pH. No caso de estar abaixo dos limites estabelecidos pela FEEMA para elementos não-radioativos e pela CNEN para radionuclídeos, este será lançado na lagoa de polimento; em caso contrário, o filtrado será novamente tratado com Ca(OH)₂, até que atinja níveis previstos para lançamento na lagoa.

- . Óleo lubrificante usado

O óleo lubrificante usado, retirado de equipamentos tais como motores e bombas instalados na área contaminada da fábrica, será acondicionado em tambores lacrados e enviado para armazenamento como rejeito líquido radioativo, conforme o item 3.4.3.1.

- Processamento dos rejeitos sólidos radioativos

Na Fábrica de Pastilhas, os rejeitos sólidos radioativos serão gerados basicamente devido à impossibilidade de retirada da área contaminada, após utilização, de qualquer material sem que tenha sido devidamente descontaminado ou acondicionado. A fábrica irá gerar os seguintes tipos de rejeitos sólidos radioativos:

- . Sucata de filtros;
- . Sucata de material de limpeza;
- . Papéis usados;
- . Sucata de peças e ferramentas;
- . Sucata de EPIs; e
- . Resíduos gerados na limpeza dos fornos de sinterização (UO₂ altamente impuro).

Todo esse material, por não ser passível de descontaminação, será acondicionado em tambores fechados e vedados e enviado para armazenamento como rejeito sólido radioativo, conforme o item 3.4.3.2.

- Processamento dos rejeitos gasosos radioativos

A Fábrica de Pastilhas produzirá, como rejeito gasoso radioativo, apenas a mistura de ar e pó de urânio, proveniente em sua totalidade do transporte pneumático e da exaustão do ambiente dos equipamentos de processo, ou sejam: homogeneizadores, prensa, esteiras rolantes, fornos de sinterização, fornos de oxidação e redução, estufa e retífica.

Tal mistura (ar e pó de urânio) será enviada para tratamento no sistema de lavagem de gases e filtro petersen. A lama gerada na lavagem dos gases será centrifugada e enviada a fornos do tipo mufla para oxidação a U_3O_8 , a ser reintroduzido no processo na etapa de homogeneização.

- Rejeitos não-radioativos

- Efluentes líquidos e resíduos sólidos

Os rejeitos líquidos e sólidos não-radioativos, a serem gerados na Fábrica de Pastilhas, serão basicamente os mesmos já citados no item sobre rejeitos líquidos e sólidos radioativos, diferindo apenas na origem, ou seja, não terem contato com a área contaminada sendo, portanto, considerados como lixo normal e destinados ao sistema municipal de coleta.

A filosofia de gerenciamento dos efluentes e rejeitos das Fábricas de Produção de Pó e Pastilhas de UO_2 da Unidade II da FEC está resumida na Tabela 3.23, mostrada a seguir:

Tabela 3.23 FILOSOFIA DO GERENCIAMENTO DE EFLUENTES E REJEITOS DA UNIDADE II

FILOSOFIA DO GERENCIAMENTO DE EFLUENTES/REJEITOS DA UNIDADE II				
EFLUENTE	TRATAMENTO	CONTROLES	SUB-PRODUTOS	DESTINO
Fluoreto de Amônio Água Carbonatada	Cloreto de Cálcio (solução)	Radiológicos e Químicos	Fluoreto de Cálcio (sólido)	Siderurgia
			Cloreto de Amônio (solução)	Fertilizantes
Lavanderia Vestiário Monitorado Descontaminação de pessoal Regeneração de resina de troca iônica Condensado da autoclave Coluna de lavagem de gases (amoniacais)	Cal	Radiológicos e Químicos	Torta de Cal	Tambores
Limpeza de pisos e equipamentos Descontaminação inorgânica Laboratórios Produto de fundo da coluna de recuperação de metanol			Efluentes Descontaminados, Neutralizados e Clarificados	Lagoa de Polimento

Fonte: INB

3.4.2. Considerações Específicas

As atividades de produção, a serem desenvolvidas na Unidade II, serão licenciadas e fiscalizadas pelo IBAMA através da CNEN, que estabelecerá limites máximos permitidos para liberação de urânio, e pela FEEMA no tocante a emissões gasosas, efluentes líquidos e resíduos sólidos convencionais. Dessa forma, serão consideradas as seguintes normas e leis, não limitadas e dentre outras:

- Legislação básica do IBAMA;
- Normas básicas de proteção radiológica - Resolução CNEN 12/88, em especial a norma CNEN-NE 6.05 - "Gerência de Rejeitos Radioativos em Instalações Radioativas"- Nov/85; e
- Critérios e padrões da FEEMA para lançamento de efluentes líquidos.

3.4.3. Discriminação das Atividades de Gerenciamento dos Rejeitos

As atividades de gerenciamento dos rejeitos são classificadas em três categorias distintas, apresentadas a seguir:

- Controle, Processamento e Liberação de Efluentes Líquidos;
- Gerenciamento de Rejeitos Sólidos; e
- Controle, Processamento e Liberação dos Efluentes Gasosos.

3.4.3.1. Controle, Processamento e Liberação de Efluentes Líquidos

Aplicam-se aos efluentes líquidos, com exceção dos efluentes líquidos provenientes dos esgotos sanitários, de modo a manter os níveis de radiação tão baixos quanto razoavelmente exequíveis e a reduzir os impactos ambientais a valores considerados aceitáveis pelos órgãos licenciadores para esse tipo de processamento industrial.

a) Descrição e Procedência

A identificação, quantificação e procedência dos efluentes líquidos radioativos e não-radioativos, a serem gerados pelas Unidades de Produção de Pó e Pastilhas de UO₂ da Unidade II, com exceção dos efluentes líquidos provenientes dos esgotos sanitários, são mostradas nas Tabelas 3.24 e 3.25 adiante.

b) Classificação

O processamento dos efluentes líquidos radioativos e não-radioativos, a serem gerados pelas fábricas, está circunscrito a quatro circuitos:

- Sistema de Processamento de Efluentes Líquidos Ativos - Circuito de Fluoreto de Amônio e Água Carbonatada (Figura 3.18), cuja Tabela 3.24 é mostrada a seguir;
- Sistema de Processamento de Efluentes Líquidos Ativos - Circuito de Águas Residuais (Figura 3.19), cuja Tabela 3.25 é mostrada a seguir;
- Sistema de Processamento de Efluentes Líquidos Inativos - Circuito de Cloreto de Amônio (Figura 3.20); e
- Sistema de Processamento de Efluentes Líquidos Inativos - Circuito de Águas Residuais (Figura 3.21).

Tabela 3.24 CIRCUITO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES E REJEITOS LÍQUIDOS ATIVOS (FLUORETO DE AMÔNIO E ÁGUA CARBONATADA)

CIRCUITO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES/REJEITOS LÍQUIDOS ATIVOS (FLUORETO DE AMÔNIO E ÁGUA CARBONATADA)			
DESCRIÇÃO	VOLUME (m ³ /semana)	COMPOSIÇÃO MÉDIA ESTIMADA (ppm)	ATIVIDADE (Ci/m ³)
Fluoreto de Amônio	13,7	Fluoreto ≤ 120.000 Carbonato ≤ 5.000 Amônio ≤ 120.000 Urânio ≤ 5	≤ 1,5 10 ⁻⁵
Água Carbonatada	7,7	Fluoreto ≤ 500 Carbonato ≤ 130.000 Amônio ≤ 80.000 Urânio ≤ 10	≤ 3 x 10 ⁻⁵
OBSERVAÇÕES:			
1 - Volume: os valores apresentados foram informados pela Siemens (tabela “Chemische Zusammensetzung und Mengenangaben der Abwässer” de 08/02/96) sob a base de 1 tonelada de UO ₂ produzida, os cálculos para a base de 1 semana levaram em conta os seguintes critérios: Semana: 6 dias de trabalho (24 horas por dia) Produção: 25 bateladas de 137 kg de UO ₂ cada por semana			
2 - Composição: os valores apresentados foram informados pela Siemens			
3 - Atividade: para cálculo dos valores apresentados levou-se em conta o critério de enriquecimento máximo de urânio igual a 5%			

Fonte: INB

Figura 3.18 SISTEMA DE PROCESSAMENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS ATIVOS -
CIRCUITO DE FLUORETO DE AMÔNIO E ÁGUA CARBONATADA

Figura 3.19 SISTEMA DE PROCESSAMENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS ATIVOS - CIRCUITO DE ÁGUAS RESIDUAIS

Figura 3.20 SISTEMA DE PROCESSAMENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS INATIVOS
- CIRCUITO DE CLORETO DE AMÔNIO

Figura 3.21 SISTEMA DE PROCESSAMENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS INATIVOS - CIRCUITO DE ÁGUAS RESIDUAIS

Tabela 3.25 Circuito de Tratamento de Efluentes e Rejeitos Líquidos Ativos (Águas Residuais)

CIRCUITO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES/REJEITOS LÍQUIDOS (ÁGUAS RESIDUAIS)			
DESCRIÇÃO	VOLUME (m ³ /semana)	COMPOSIÇÃO MÉDIA ESTIMADA (ppm)	ATIVIDADE (Ci/m ³)
Lavanderia Vestiário monitorado	10,2	Tensoativos U ≤ 0,035	10 ⁻⁷
Descontaminação de pessoal	5	Tensoativos U ≤ 0,035	10 ⁻⁷
Condensado da autoclave	10,2	U ≤ 0,035	10 ⁻⁸
Limpeza de pisos e equipamentos	0,4	Tensoativos U ≤ 105	≤ 3 x 10 ⁻⁴
Descontaminação inorgânica	0,4	Carbonato de amônio ≤ 5% (p/v) U ≤ 0,035	≤ 3,8 x 10 ⁻⁴
Laboratórios	7,8	Tensoativos, produtos U ≤ 0,035	10 ⁻⁷
Produto de fundo da coluna de recuperação de metanol	3,5	Fluoreto ≤ 1.862; Carbonato ≤ 89; Amônio ≤ 60; Metanol ≤ 1.000; Urânio ≤ 18,6	≤ 5 x 10 ⁻⁵
Coluna de lavagem de gases (amoniacaís)	0,15	Carbonato ≤ 518 Amônio ≤ 282	-
Regeneração de resina de troca iônica	2,2	Carbonato; Silicato; Sulfato; Fosfato; Sódio; Cálcio; Ferro; etc..	-

Fonte: INB

c) Critérios para Coletas, Controle e Liberação

Todos os efluentes líquidos gerados pelas fábricas, com exceção dos efluentes líquidos provenientes dos esgotos sanitários, serão encaminhados para armazenamento intermediário e posterior tratamento. Esses efluentes líquidos, com exceção do fluoreto de amônio (NH₄F) e cloreto de amônio (NH₄Cl), serão encaminhados após o tratamento para os tanques de monitoração, de onde serão amostrados para posterior liberação.

O lançamento no meio ambiente de quaisquer efluentes líquidos contidos nos tanques de monitoração só será efetuado após terem sido amostrados e liberados, conforme os procedimentos para a Permissão de Liberação de Efluentes Líquidos (PLEL).

d) Permissão de Liberação de Efluentes Líquidos

A PLEL terá por objetivo orientar e ordenar, de forma segura, o processo de lançamento para o meio ambiente dos efluentes líquidos já tratados e armazenados nos tanques de monitoração.

Para a obtenção da citada liberação, será necessário o cumprimento dos seguintes procedimentos:

- Requisição de controle radiológico e químico para a liberação de uma quantidade pré-determinada de efluente líquido, pela área técnica competente à Gerência de Proteção e Segurança (GEPSE) do CIR;

- A área técnica competente contará com um livro de registro das requisições de controle radiológico e químico para liberação de efluentes líquidos, onde serão anotadas as informações pertinentes;
- Realização de análises radiológicas e químicas para a medida dos seguintes parâmetros: análises radiológicas - alfa total, beta total, alfa + beta total, Bq/cm³, Bq e Bq acumulado; análises químicas - urânio (mg/l), fluoreto total (mg/l), cloreto (mg/l), amônia (mg/l) e pH.
- A realização das análises radiológicas e químicas para a liberação de efluentes líquidos será de responsabilidade da GEPSE, a qual terá como órgão executor o setor de Laboratório Químico;
- O setor de Laboratório Químico contará com um livro para controle das análises radiológicas e químicas realizadas, onde serão anotadas as informações pertinentes;
- Comparação dos resultados obtidos através das análises radiológicas e químicas com os limites máximos permitidos (LMPs); a liberação de urânio deve seguir as diretrizes estabelecidas pela CNEN – obedecidos os limites da FEEMA, uma vez que o caráter toxicológico de urânio é maior que o radiológico;
- Caso tais resultados indiquem que todos os parâmetros, tanto radiológicos quanto químicos, estão abaixo dos LMPs, será concedida a liberação para lançamento do efluente líquido;
- Em caso contrário, ou seja, se algum resultado estiver acima do LMP para aquele parâmetro, quer radiológico ou químico, a liberação para lançamento não será concedida e a quantidade pré-determinada de efluente líquido em questão será novamente tratada;
- A comparação dos resultados obtidos através das análises radiológicas e químicas com os limites máximos permitidos, bem como a emissão de parecer quanto à liberação, ou não, para lançamento da quantidade pré-determinada do efluente líquido em questão, será de responsabilidade da GEPSE, a qual terá como órgão executor o setor de Laboratório Químico;
- O setor de Laboratório Químico contará com um livro de registro dos pareceres emitidos, para anotar as informações pertinentes;
- O lançamento para o meio ambiente da quantidade pré-determinada de efluentes líquidos já tratados e liberados será de responsabilidade da área técnica competente; e
- A área técnica competente contará com um livro de registro dos lançamentos de efluentes líquidos liberados, onde serão anotadas as informações pertinentes.

3.4.3.2. Gerenciamento de Rejeitos Sólidos

Aplica-se aos rejeitos sólidos, de modo a proporcionar um alto grau de confinamento dos materiais radioativos, com o objetivo de manter os níveis de radiação tão baixos quanto razoavelmente exequíveis e reduzir os impactos ambientais a valores considerados aceitáveis pelos órgãos licenciadores para esse tipo de processamento industrial.

Os rejeitos sólidos são classificados em:

- Rejeitos sólidos radioativos ou ativos; e
- Rejeitos sólidos não-radioativos ou inativos.

a) Rejeitos Sólidos Radioativos ou Ativos

- Classificação

Os rejeitos sólidos ativos, a serem gerados pelas Fábricas de Produção de Pó e Pastilhas de UO₂, serão classificados, com referência à taxa de exposição na superfície, como de baixo nível de radiação (SBN) segundo a norma CNEN-NE 6.05.

A fim de se contar com melhor controle administrativo, os rejeitos sólidos ativos serão divididos em dois tipos:

- Tipo C - rejeitos compactáveis; e
- Tipo NC - rejeitos não-compactáveis.

O tipo C abrangerá os seguintes rejeitos, não limitados e dentre outros:

- elementos filtrantes (filtros do sistema de ventilação, filtros do sistema de ar condicionado e filtros de aspiradores portáteis);
- materiais de uso individual (roupas, gorros luvas, sobre-sapatos e óculos de segurança);
- materiais de limpeza (panos de chão);
- materiais de embalagem; e
- papéis diversos.

O tipo NC abrangerá os seguintes rejeitos:

- torta composta de cal não-reagida contaminada por material radioativo; e
- ferramentas e peças metálicas contaminadas.

- Descrição e procedência

A identificação, quantidade e procedência dos rejeitos sólidos ativos, a serem gerados pelas Unidades de Produção de Pó e Pastilhas de UO₂ da Unidade II, são apresentadas na Tabela 3.26, a seguir.

Tabela 3.26 REJEITOS SÓLIDOS ATIVOS A SEREM GERADOS PELAS FÁBRICAS DE PRODUÇÃO DE PÓ E PASTILHAS DE UO₂

TIPO "C" - REJEITOS SÓLIDOS COMPACTÁVEIS			
DESCRIÇÃO	VOLUME	TAXA DE EXPOSIÇÃO NA SUPERFÍCIE	OBSERVAÇÕES
Elementos filtrantes (filtros dos sistemas de ventilação, de ar condicionado, filtros de aspiradores portáteis)	3 m ³ /ano	≤ 0,2 mR/h	Volume apresentado já leva em consideração o material compactado
Papéis, plásticos, tecidos (roupas/luvas), sobre-sapatos, óculos de segurança, materiais de limpeza, materiais de embalagem, papéis diversos	2 m ³ /ano	≤ 0,2 mR/h	Volume apresentado já leva em consideração o material compactado
TIPO "NC" - REJEITOS SÓLIDOS NÃO-COMPACTÁVEIS			
DESCRIÇÃO	VOLUME	TAXA DE EXPOSIÇÃO NA SUPERFÍCIE	OBSERVAÇÕES
Peças e ferramentas metálicas	0,6 m ³ /ano	≤ 0,2 mR/h	
Torta seca de cal (cal não-reagida) contaminada por material radioativo	24,5 m ³ /ano (49 t/ano)	≤ 0,2 mR/h	

Fonte: INB

- Acondicionamento

Os rejeitos sólidos ativos a serem gerados pelas fábricas serão acondicionados em tambores metálicos com 200 litros de capacidade.

Antes de serem usados, os tambores destinados ao acondicionamento desses rejeitos ativos passarão por adequado processo de qualificação.

- Metodologia de acondicionamento e de armazenagem

- Localização e descrição do Depósito de Rejeitos Sólidos de Baixa Atividade

Os rejeitos sólidos ativos serão armazenados em uma parte a ser aproveitada da atual instalação do Almoxarifado da Unidade II. Um dos galpões será transformado no Depósito de Rejeitos Sólidos de Baixa Atividade. Os tambores de rejeitos serão reunidos em paletas, a serem empilhadas em estantes metálicas apoiadas diretamente sobre o piso. Para essa adequação, será construída uma parede de isolamento em alvenaria de blocos de concreto vazados, tornando o ambiente exclusivo para esse fim. O piso, as paredes existentes e a nova

parede serão revestidas com massa e tinta epoxy, a fim de propiciar melhores condições para sua descontaminação, quando necessário.

A localização desse depósito está apresentada na Figura 3.22 (Lay-Out do Tratamento de Efluentes Ativos e Inativos).

- Critérios de coleta e transporte interno de rejeitos não-embalados

Os rejeitos serão coletados nas áreas onde forem gerados, obedecendo aos procedimentos descritos a seguir:

. Os rejeitos do tipo C (rejeitos compactáveis) serão coletados em sacos com tripla parede plástica de cor amarela, amarrados em sua parte superior, portando etiqueta no lado externo com os seguintes dados:

- ◆ Contaminação superficial externa, em Bq/cm²
- ◆ Quantidade de urânio, em gramas
- ◆ Descrição do material
- ◆ Nome do operador
- ◆ Taxa de dose, em mSv/h
- ◆ Local de procedência
- ◆ Data e hora da coleta

. Os rejeitos do tipo NC (rejeitos não-compactáveis), constituídos de ferramentas e/ou peças metálicas de pequeno volume, obedecerão aos mesmos procedimentos descritos no item anterior. Para o caso de máquinas de pequeno porte, tais como bombas de sucção, após à descontaminação, o material a ser transportado será embalado em mantas plásticas de cor amarela, portando o mesmo tipo de etiqueta descrito no item anterior.

Caso o tamanho da peça não permita o acondicionamento em tambores de 200 litros, a peça será desmontada e/ou fragmentada, de modo a possibilitar tal acondicionamento.

- Procedimento operacional para embalagem dos rejeitos

Os rejeitos serão acondicionados em tambores de 200 litros, de acordo com os seguintes procedimentos:

- . Transporte de tambores vazios do depósito de tambores para a área de embalagem de rejeitos sólidos radioativos;
- . Pesagem do tambor vazio (tara) em balança localizada na área de embalagem;
- . Acondicionamento de embalagens plásticas contendo rejeitos do mesmo tipo, sendo a operação efetuada com o tambor sobre a balança;
- . Fechamento do tambor e aperto do parafuso da cinta de vedação da tampa;
- . Pintura, na superfície externa do tambor, do número e registro, segundo o seguinte código:



Figura 3.22 LAY-OUT DO TRATAMENTO DE EFLUENTES ATIVOS E INATIVOS

WW XXX / YYY / ZZ

WW uma ou duas letras indicarão o tipo do rejeito (C ou NC);

XXX três dígitos indicarão o número seqüencial do tambor para um mesmo tipo;

YYY três dígitos indicarão a massa total em quilogramas contida no tambor; e

ZZ dois dígitos indicarão o ano da embalagem.

- . Afixação no tambor do símbolo do material radioativo, conforme norma CNEN-NE 3.01; e
- . Transporte para o Depósito de Rejeitos Sólidos de Baixa Atividade.

- Controle Administrativo

O gerenciamento dos rejeitos sólidos ativos da Unidade II será de responsabilidade da GEPSE, através do setor de Proteção Radiológica.

O setor de Salvaguardas contará com um livro para controle dos rejeitos sólidos ativos, onde serão registradas as informações pertinentes.

- Procedimentos de radioproteção na embalagem dos rejeitos sólidos radioativos

- Acesso à área de embalagem e manipulação de rejeitos sólidos radioativos

A área de embalagem de rejeitos sólidos ativos é classificada como área controlada, estando portanto sujeita às normas de proteção radiológica previstas no Plano de Proteção Radiológica (PPR) do CIR.

A manipulação dos rejeitos sólidos ativos será feita por pessoal qualificado, que portará luvas, vestuário adequado e proteção respiratória, quando necessário.

Existirão disponíveis, na Unidade II, monitores de radiação para medir a taxa de dose, bem como monitores de contaminação de superfície. Serão feitas, também, amostragens de esfregaço, cuja rotina obedecerá ao previsto no PPR.

- Critérios de descontaminação radioativa

Antes do transporte, será feito um controle quanto à contaminação superficial no tambor. Se for necessário, o mesmo será descontaminado com água e, se preciso, com detergente. Após tal procedimento, será realizado novo controle. Se o valor encontrado estiver abaixo do limite máximo permissível, o tambor receberá etiqueta para adequada identificação; em caso contrário, o tambor sofrerá tantas lavagens quantas forem necessárias até que tal limite seja alcançado.

Os efluente líquidos gerados nesse caso serão incorporados ao circuito de águas residuais do sistema de tratamento de efluentes líquidos, através da rota de águas de limpeza, e posteriormente liberados de acordo com o descrito no item 3.4.3.1.

- Transporte dos tambores com rejeitos sólidos radioativos

- Transporte interno

O transporte dos tambores de rejeitos entre a área interna do Prédio Principal da Unidade II e o Depósito de Rejeitos Sólidos de Baixa Atividade será feito seguindo uma rota pré-determinada e de acordo com a normas CNEN-NE 6.05.

- Transporte externo

Não se cogita da retirada dos tambores de rejeitos sólidos ativos para fora da área da Unidade II do CIR.

- Salvaguardas e proteção física

A segurança física do Depósito de Rejeitos será parte integrante do Plano de Proteção Física do CIR, que estabelece os procedimentos de vigilância e controle para a sua área, assim como as barreiras físicas (guaritas, cercas, muros, iluminação externa, etc.) já existentes e aquelas previstas no projeto da Unidade II.

De acordo com o Plano de Salvaguardas do CIR, as portas do Depósito de Rejeitos, que derem acesso à área externa, serão lacradas e controladas pelo pessoal da proteção radiológica.

b) Rejeitos Sólidos Não-Radioativos ou Inativos

- Considerações Específicas

Os rejeitos sólidos inativos serão postos à disposição para comercialização, quando aplicável, após terem sido devidamente acondicionados e armazenados. Será, contudo, considerada a possibilidade do decurso de longos períodos, até que se consiga a comercialização desses produtos, ou até mesmo a impossibilidade da concretização de tal negociação.

Em vista dessa possibilidade, todos os critérios de acondicionamento e armazenamento levarão em conta o pior caso, ou seja, a sua não comercialização.

- Classificação

A fim de se contar com melhor controle administrativo, os rejeitos sólidos inativos serão divididos em dois tipos:

- . rejeitos sólidos inativos químicos; e
- . rejeitos sólidos inativos não-químicos.

Os rejeitos sólidos inativos químicos irão abranger as seguintes substâncias compactáveis, a serem geradas pela reação do fluoreto de amônio e cloreto de cálcio no circuito de fluoreto de

amônio e água carbonatada do sistema de processamento de efluentes líquidos ativos e no circuito de cloreto de amônio do sistema de processamento de efluentes líquidos inativos:

- . fluoreto de cálcio (CaF₂) - massa precipitada; e
- . cloreto de amônio (NH₄Cl) - massa cristalizada.

Os rejeitos sólidos inativos não-químicos irão abranger os seguintes itens, não limitados e dentre outros, todos provenientes das áreas não passíveis de contaminação:

- . elementos filtrantes (filtros do sistema de ventilação, filtros do sistema de ar condicionado e filtros de aspiradores portáteis);
- . materiais de uso pessoal (roupas, gorros, luvas, sobre-sapatos e óculos de segurança);
- . materiais de limpeza (panos de chão);
- . materiais de embalagem; e
- . papéis diversos.

- Descrição e procedência

A identificação, quantificação e procedência dos rejeitos sólidos inativos químicos compactáveis, a serem gerados pelas Unidades de Produção de Pó e Pastilhas de UO₂ da Unidade II, estão apresentadas na Tabela 3.27, a seguir.

Tabela 3.27 REJEITOS SÓLIDOS INATIVOS QUÍMICOS COMPACTÁVEIS GERADOS PELAS UNIDADES DE PRODUÇÃO DE PÓ E PASTILHAS DE UO₂

TIPO "C" - REJEITOS SÓLIDOS INATIVOS QUÍMICOS COMPACTÁVEIS			
DESCRIÇÃO	VOLUME	TAXA DE EXPOSIÇÃO NA SUPERFÍCIE	OBSERVAÇÕES
CaF ₂ - massa precipitada seca	37,26 m ³ /ano (118 t/ano) U ≤ 17 ppm	≤ 0,2 mR/h	2,006 kg U/ano
NH ₄ Cl - massa cristalizada seca	135 m ³ /ano (223 t/ano) U ≤ 23 ppm	≤ 0,2 mR/h	5,129 kg U/ano Incluída a solução gerada no tratamento da água carbonatada, caso crítico do sistema

Fonte: INB

Os rejeitos sólidos inativos não-químicos, a serem gerados pelas Unidades de Produção de Pó e Pastilhas de UO₂ da Unidade II, terão destino de lixo normal, após classificação.

- Acondicionamento

Os rejeitos sólidos inativos químicos a serem gerados pela Unidade de Produção de Pó de UO_2 da Unidade II, CaF_2 e NH_4Cl , serão acondicionados em sacos adequados ao armazenamento por longo tempo, com capacidade para 50 kg de produto.

- Metodologia de acondicionamento e armazenagem

Como já citado anteriormente, em vista das possibilidades do decurso de longos períodos até que se consiga a comercialização desses produtos, ou até mesmo a impossibilidade de concretização de tal negociação, todos os critérios de acondicionamento e armazenagem dos rejeitos sólidos inativos levarão em conta de forma conservadora o pior caso, ou seja, a sua não comercialização.

A seguir, são descritas as metodologias para acondicionamento e armazenagem aplicadas aos rejeitos sólidos inativos químicos, uma vez que os rejeitos sólidos inativos não-químicos terão destino de lixo normal.

- Depósito de Rejeitos Sólidos Inativos Químicos

O Depósito de Rejeitos Sólidos Inativos Químicos (Figura 3.22) será construído na área externa da Unidade II.

- Coleta e manuseio de rejeitos não-embalados

Após a reação do NH_4F com o $CaCl_2$, o produto formado será separado através de decantadores centrífugos e será recolhido em filtros sugadores a vácuo, que promoverão a separação entre a massa precipitada (CaF_2 sólido) e a água-mãe (solução de NH_4Cl).

A água-mãe será enviada para tanques de estocagem intermediária instalados na área externa da Unidade II e, posteriormente, encaminhada para cristalização (Figura 3.20 - Processamento de Efluentes Líquidos Inativos - Cloreto de Amônio / Desenho 3431-315-GE-001).

- Procedimento operacional para embalagem de rejeitos

Os rejeitos sólidos inativos químicos serão acondicionados em sacos com capacidade para 50 kg de produto, de acordo com os seguintes procedimentos:

. Fluoreto de cálcio - massa precipitada

A massa de CaF_2 será gerada internamente ao Prédio Principal da Unidade II, ou seja, dentro da área controlada, onde será acondicionada inicialmente em tambores metálicos de 200 litros passíveis de descontaminação e, só então, conduzida ao Depósito de Rejeitos Sólidos Inativos Químicos (a ser localizado externamente ao Prédio Principal), para ser acondicionada de forma definitiva em sacos plásticos, como segue:

a) Acondicionamento intermediário

- Transporte dos tambores vazios do depósito de tambores para a área interna de embalagem de rejeitos sólidos inativos químicos;
- Pesagem do tambor vazio (tara) em balança localizada na área interna de embalagem (Figura 3.22);
- Fechamento do tambor e aperto do parafuso da cinta de vedação da tampa;
- Pintura, na superfície externa do tambor do seguinte código:

CaF₂ XXX / YY / ZZ

CaF₂ - registra a fórmula do produto armazenado;

XXX - três dígitos indicam a massa total em quilogramas contida no tambor;

YY - dois dígitos indicam a semana da embalagem;

ZZ - dois dígitos indicam o ano da embalagem; e

- Transporte para a área externa de embalagem, contígua ao Depósito de Rejeitos Sólidos Inativos Químicos.

b) Acondicionamento definitivo

- Abertura do tambor, proveniente da área interna de embalagem, na área externa de embalagem;
- Retirada da massa de CaF₂ do tambor para acondicionamento em sacos plásticos, de cor branca e adequados ao armazenamento por longo tempo, com capacidade para 50 kg de produto, sendo a operação efetuada com o saco sobre a balança;
- Fechamento do saco de forma hermética;
- Empilhamento dos sacos sobre paletas de madeira, obedecendo a um máximo de 50 sacos por paleta;
- Afixação, na paleta (na parte frontal da pilha de sacos), de etiqueta contendo o seguinte código:

CaF₂ XXX / YY / ZZ

CaF₂ - registra a fórmula do produto armazenado;

XXX - três dígitos indicam a massa total em quilogramas sobre a paleta;

YY - dois dígitos indicam a semana da embalagem;

ZZ - dois dígitos indicam o ano da embalagem; e

- Transporte das paletas para o Depósito de Rejeitos Sólidos Inativos Químicos.

. Cloreto de amônio - massa cristalizada

A massa de NH₄Cl será gerada externamente ao Prédio Principal da Unidade II, ou seja, fora da área controlada, em equipamento de cristalização instalado em local contíguo à área externa de embalagem, onde será acondicionada de forma definitiva em sacos plásticos, como segue:

- Retirada da massa de NH₄Cl do cristizador para acondicionamento em sacos plásticos, na cor azul e adequados ao armazenamento por longo tempo, com capacidade para 50 kg de produto, sendo a operação efetuada com o saco sobre a balança;
- Fechamento do saco de forma hermética;
- Empilhamento dos sacos sobre paletas de madeira, obedecendo a um máximo de 50 sacos por paleta;
- Afixação, na paleta (na parte frontal da pilha de sacos), de etiqueta contendo o seguinte código:

NH₄Cl XXX / YY / ZZ

NH₄Cl - registra a fórmula do produto armazenado;

XXX - três dígitos indicam a massa total em quilogramas sobre a paleta;

YY - dois dígitos indicam a semana da embalagem;

ZZ - dois dígitos indicam o ano da embalagem; e

- Transporte das paletas para o Depósito de Rejeitos Sólidos Inativos Químicos

O *lay-out* da área externa de embalagem de rejeitos inativos químicos é apresentado na Figura 3.22.

- Controle Administrativo

Como já mencionado, considera-se de forma conservadora a possibilidade da não comercialização dos rejeitos sólidos inativos químicos, ou seja, o armazenamento por longos períodos de tempo desses produtos.

O gerenciamento dos rejeitos será de responsabilidade do CIR, através da área técnica competente.

A área técnica competente fará inspeções periódicas, principalmente nas condições dos materiais de embalagem, para garantir o armazenamento seguro dos rejeitos sólidos inativos químicos.

A área técnica competente contará com um livro para controle da gerência de rejeitos sólidos inativos químicos, onde serão registradas as informações pertinentes.

- Procedimentos de radioproteção na embalagem de rejeitos

Referem-se à etapa de acondicionamento intermediário do fluoreto de cálcio.

- Acesso à área interna de embalagem e manipulação de rejeitos

A área interna de embalagem de rejeitos sólidos será classificada como área restrita, estando, portanto, sujeita às normas de proteção radiológicas previstas no PPR.

A manipulação dos rejeitos será feita com o uso de luvas, vestuário adequado e proteção respiratória, quando necessário.

Estarão disponíveis, na Unidade II, monitores de radiação para medidas de taxa de dose, bem como monitores de contaminação de superfície. Serão feitas, também, amostragens de esfregaço, cuja rotina obedecerá aos procedimentos estabelecidos no PPR do CIR.

- Critérios de descontaminação radioativa

Antes do transporte, será feito o controle quanto à contaminação radioativa na superfície do tambor. Caso necessário, o mesmo será descontaminado com água e, se preciso, com detergente. Após tal procedimento, será realizado novo controle. Se o valor encontrado estiver abaixo do limite máximo permissível, o tambor receberá etiqueta para a adequada identificação; em caso contrário, o tambor deverá sofrer tantas lavagens quantas forem necessárias, até que tal limite seja alcançado.

Os efluentes líquidos gerados nesse caso serão incorporados ao circuito de águas residuais do sistema de processamento de efluentes líquidos ativos através da rota de águas de limpeza e posteriormente liberados conforme descrito no item 3.4.3.1.

- Transporte dos tambores com rejeitos

- Transporte interno

O transporte dos tambores de rejeitos sólidos inativos químicos dentro da área da Unidade II (entre a área interna do Prédio Principal e o Depósito de Rejeitos Sólidos Inativos Químicos) será feito seguindo uma rota pré-determinada.

- Transporte externo

O transporte dos sacos contendo rejeitos sólidos inativos químicos para fora do CIR, que só ocorrerá em caso de comercialização desses produtos, ficará a cargo do comprador.

- Proteção física

A segurança física do Depósito de Rejeitos Sólidos Inativos Químicos será parte integrante do Plano de Proteção Física do CIR, que estabelecerá os procedimentos de vigilância e controle

para essa área.

3.4.3.3. Controle, Processamento e Liberação das Emissões Gasosas

A filosofia básica do sistema de gerenciamento das emissões gasosas, oriundas dos sistemas de exaustão de ambientes e do processo, será a de remoção dos sólidos (retenção de partículas em filtros) ou líquidos (lavagem e absorção em água), a serem tratados como os efluentes e rejeitos citados nos itens 3.4.3.1 e 3.4.3.2, e a liberação posterior dos gases limpos para a atmosfera.

A exaustão do processo terá por finalidade aspirar os vapores e gases diversos, emanados pelos equipamentos do processo fabril, tratando-os através de torres absorvedoras e lavadoras de gases, filtros do tipo Petersen e, para garantia da menor agressividade desses gases, filtros absolutos ou de alta eficiência (*high efficiency particulate filters* ou *HEPA filters*), antes do lançamento para a atmosfera.

Para a Fábrica de Pó de UO_2 , está previsto um sistema de exaustão para os gases de processo (Figura 3.23) dividido em dois circuitos. Cada circuito será composto, basicamente, de ventilador centrífugo de simples aspiração (com mancais externos), para facilidade de manutenção, acoplado a uma caixa de filtragem de categoria G3+F3+A3 conforme a norma ABNT-NBR 6401, composta de filtros grosso + fino + absoluto, sendo os mesmos interligados através de dutos aos componentes do processo. A rede de dutos será construída em chapas galvanizadas ou pretas pintadas interna e/ou externamente, quando necessário. Esses circuitos terão abafadores automáticos e manuais, abafadores corta-fogo e detetores de fluxo de ar. A sua pressão será de -400 mm H_2O (-40 mbar), servindo aos seguintes equipamentos:

a) Circuito de exaustão A

- Filtros rotativos;
- Lavador do precipitador de TCAU e forno de leito fluidizado;
- Transporte pneumático do pó de TCAU dos filtros rotativos a vácuo para o forno de leito fluidizado,
- Transporte pneumático do pó de UO_2 do vaso de estabilização do forno de leito fluidizado para os homogeneizadores;

Figura 3.23 FLUXOGRAMA DE AR DA RECONVERSÃO

- Lavador do circuito de APOFU e gases gerais;
- Tanques de água carbonatada (1ª e 2ª lavagens); e
- Tanques de metanol (1ª e 2ª lavagens).

b) Circuito de exaustão B - lavador do sistema de efluentes líquidos.

Para a Fábrica de Pastilhas, está previsto um sistema de exaustão para o pó e poeira de UO_2 para as diversas etapas de produção (Figura 3.24 Fluxograma de Ar da Peletização), composto basicamente de um ventilador centrífugo de simples aspiração com mancais externos acoplado a uma caixa de filtragem também da categoria G3+F3+A3 (filtros grosso + fino + absoluto), sendo os mesmos interligados aos componentes do processo através de dutos. A exemplo da Fábrica de Pó de UO_2 , a rede de dutos desse sistema de exaustão será construída em chapas galvanizadas ou pretas pintadas interna e/ou externamente, quando necessário, dispondo de abafadores automáticos e manuais, abafadores corta-fogo e detetores de fluxo de ar. A sua pressão será de -400 mm H_2O (-40 mbar). O sistema servirá aos seguintes equipamentos:

- Transporte pneumático do pó de UO_2 dos homogeneizadores (situados na Fábrica de Pó) para a prensa de pastilhas rotativa;
- Prensa de pastilhas;
- Fornos de oxidação;
- Esteiras transportadoras de pastilhas;
- Retífica de pastilhas;
- Estufa de secagem de pastilhas;
- Transporte pneumático de U_3O_8 , lama da retífica e UO_2 tratados na recuperação da sucata, a serem classificados e acondicionados em tambores para posterior envio aos homogeneizadores; e
- Coifas de manuseio de tambores para transporte de U_3O_8 , lama da retífica e UO_2 .

Posteriormente, as emissões gasosas sofrerão, antes do seu ponto de exaustão, novo tratamento em filtros do tipo Petersen e filtros absolutos, garantindo a eliminação dos particulados com rendimento de 99,999% e liberação dos gases para o meio ambiente dentro das especificações mais rigorosas. O filtro Petersen é um lavador composto de uma série de bocais em bloco com um sistema de circulação contendo um tanque de alimentação, tanque de estocagem e centrífuga. Destina-se à retirada de partículas de urânio do ar de exaustão do processo e do transporte pneumático. A lama gerada na lavagem dos gases será centrifugada e enviada a fornos do tipo mufla para oxidação a U_3O_8 , a ser reintroduzido no processo na etapa de homogeneização.

Figura 3.24 FLUXOGRAMA DE AR DA PELETIZAÇÃO

A Figura 3.25 (Fluxograma Básico da Unidade de Lavagem de Ar de Exaustão - Filtro Petersen) mostra um esquema simplificado do processo de despoejamento do circuito de exaustão dos gases de processo das fábricas utilizando o filtro Petersen.

As áreas de processamento de rejeitos e efluentes e de descontaminação radioativa serão servidas por sistemas de insuflamento e exaustão semelhantes ao descrito para as áreas de processo, além dos sistemas de exaustão localizados nos vasos de armazenamento intermediário, cujos gases de exaustão serão tratados em lavadores de gases específicos, antes de serem liberados para a atmosfera.

Todo o ar aspirado da área fabril será conduzido pelas unidades de exaustão dos ambientes e exaustão do processo a uma chaminé que possibilitará, devido à sua altura e à velocidade de descarga, a necessária dispersão atmosférica das emissões gasosas das fábricas.

3.4.4. Consolidação dos Rejeitos Ativos das Fábricas de Pó e Pastilhas de UO_2

Para uma melhor visualização da origem, quantificação, tratamento e destino dos rejeitos gasosos, líquidos e sólidos, radioativos ou não, das Fábricas de Produção de Pó e Pastilhas de UO_2 da Unidade II da FEC, foi elaborado um resumo consolidado geral, apresentado na Figura 3.26 (Rejeitos Ativos nas Unidades de Pó e Pastilhas de UO_2 - Consolidação), adiante.

3.4.5. Lagoa de Polimento

3.4.5.1. Considerações Gerais

Embora os efluentes líquidos do processamento industrial da FEC II atendam as especificações exigidas para lançamento, a INB, para garantir ainda mais a proteção ambiental, houve por bem implantar uma bacia de acumulação dos efluentes líquidos, denominada lagoa de polimento.

Essa lagoa, cuja localização é apresentada no Lay-Out Geral do CIR, tem um volume projetado de 1.500 m^3 , suficiente para um tempo de residência superior a 40 dias. O seu posicionamento é abaixo do espelho d'água da represa do Funil, sendo o seu despejo orientado por extravasor e calha aberta para o ribeirão Água Branca.

O sistema, além da maior garantia de proteção ao meio ambiente, engloba uma série de vantagens operacionais e ambientais, a saber :

- . centraliza todos os efluentes líquidos do CIR, permitindo o lançamento através de um único ponto;
- . facilita todo o sistema operacional de controle e monitoramento dos efluentes; e
- . permite uma maior decantação e, conseqüentemente, melhor qualidade no efluente a ser lançado, ou seja, um polimento.

Figura 3.25 FLUXOGRAMA BÁSICO DA UNIDADE DE LAVAGEM DE AR DE
EXAUSTÃO - FILTRO PETERSEN

Figura 3.26 REJEITOS ATIVOS NAS UNIDADES DE PÓ E PASTILHAS DE UO_2 - CONSOLIDAÇÃO

3.4.5.2 Quantificação da Vazão de Lançamento dos Efluentes

A quantificação da vazão estimada para lançamento de efluentes na lagoa de polimento tem por base os volumes provenientes do sistema de tratamento das águas residuais inativas (KMF O2) das Unidades de Produção de Pó e Pastilhas de UO₂ e das águas de drenagem industrial.

a) Águas Residuais Inativas do Processamento

Em operação normal, é considerada uma vazão de 40 m³/semana, tendo como base o processamento de 240 t/ano de UO₂.

No caso de emergência no sistema, é adotado um acréscimo de 50%, atingindo a vazão o total de 60 m³/semana.

b) Águas de Drenagem Industrial

A metodologia adotada para a determinação da vazão de água de drenagem tem por base a taxa mensal de precipitação na região do CIR, que nos meses mais chuvosos é de 200 mm/mês, e as respectivas áreas de drenagem industrial, conforme a Tabela 3.28, a seguir:

Tabela 3.28 ÁREAS DE DRENAGEM

PÁTIO DE ESTOCAGEM	ÁREA DE DRENAGEM (m ²)
Containers de UF ₆	2.800
Metanol	85
Cloreto de Amônio	120
Amônia	136,5
TOTAL	3.141,5

Fonte: INB

Nestas condições, a vazão total estimada para a drenagem industrial é de 140 m³/semana.

3.4.5.3 Sistemas de Gerenciamento de Efluentes Líquidos

Os sistemas propostos, para o gerenciamento dos efluentes líquidos em regimes de operação normal e de emergência, estão apresentados nas Figuras 3.27 e 3.28.

a) Operação Normal

Em operação normal, o efluente proveniente do sistema de tratamento de águas residuais inativas com uma vazão de 40 m³/semana, contendo valores de urânio inferiores a 0,5 ppm, alimenta a lagoa de polimento, após passar pelo decantador de lamelas.

Na mesma lagoa são lançadas as águas normais de drenagem industrial com um volume total de 140 m³/semana, com concentrações de urânio ou quaisquer outros elementos bem abaixo dos limites especificados.

b) Operação de Emergência

Na operação de emergência, que pode ser provocada por vazamentos acidentais de tanques de estocagem ou outras condições anormais, a proteção ambiental está garantida em relação ao urânio e aos outros compostos ou elementos, como amônio e metanol, com bases nas seguintes medidas:

- Os efluentes do Pátio de Estocagem de UF_6 serão monitorados e, caso os valores de urânio estejam acima dos limites de lançamento, transferidos para o sistema de tratamento de águas residuais das Unidades de Pó e Pastilhas onde o urânio será precipitado com adição de leite de cal.
- Posteriormente, antes do lançamento na lagoa de polimento, os sólidos serão decantados em lamelas, a torta precipitada enviada ao leito de secagem e o efluente transbordado, isento de urânio, lançado na lagoa de polimento, via calha Parshal.
- O efluente do pátio de metanol será transferido para o sistema de destilação do metanol, para o composto ser purificado e recuperado e, finalmente, enviado para o processamento de pó da FEC II.
- O produto do fundo do destilador retornará para o sistema de tratamento de águas residuais ativas (KME 02).
- O efluente de estocagem de amônia será submetido, na cisterna, a uma neutralização com ácido clorídrico com a formação de solução de cloreto de amônio.
- A solução será bombeada para o sistema de cristalização, gerando a produção de fertilizante para ser posteriormente comercializado.

Figura 3.27 GERENCIAMENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS - OPERAÇÃO NORMAL

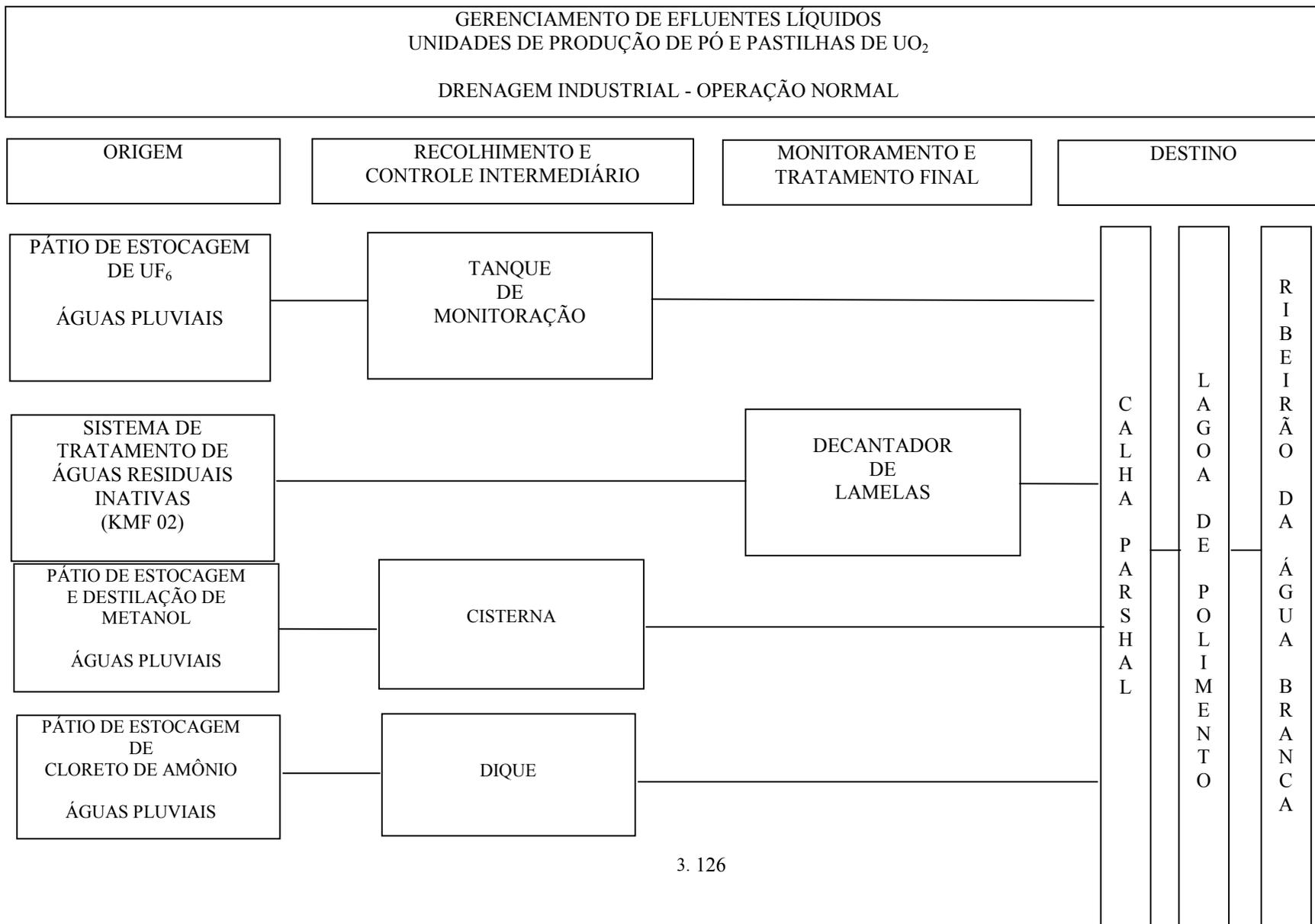
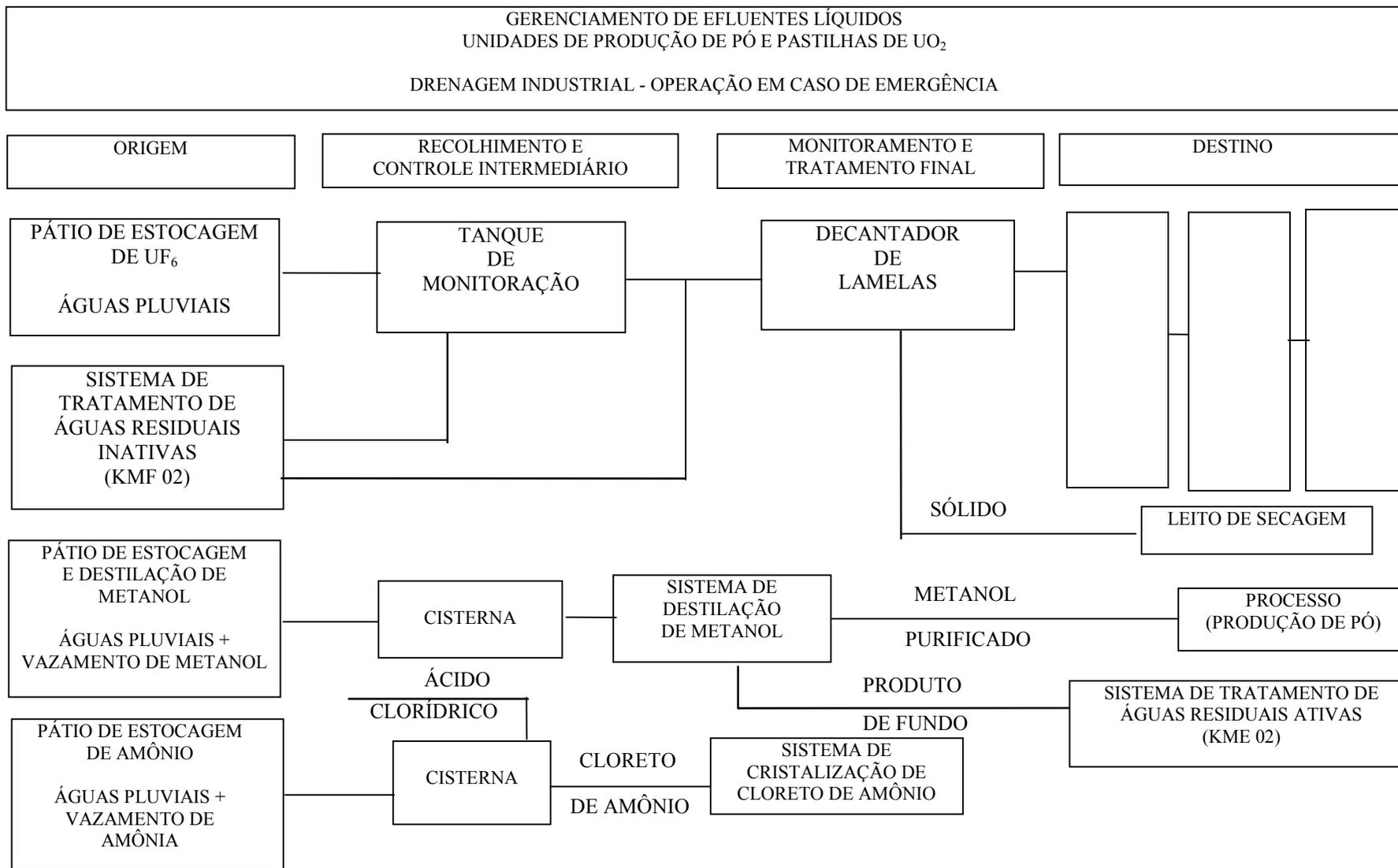


Figura 3.28 GERENCIAMENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS - OPERAÇÃO EM CASO DE EMERGÊNCIA



3.5. PLANO DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA

3.5.1. Objetivo e Campo de Aplicação

O objetivo do Plano de Proteção Radiológica (PPR) é garantir que as doses equivalentes efetivas, decorrentes da futura operação das Fábricas de Pó e Pastilhas de UO₂ da Unidade II da FEC sejam mantidas em níveis tão baixos quanto razoavelmente exequíveis e sempre abaixo dos limites estabelecidos pela regulamentação vigente.

O conteúdo desse Plano será aplicado a todos os trabalhadores da Unidade II da FEC e das firmas contratadas pela INB, que exercerão ou venham exercer atividades nas áreas controladas e/ou supervisionadas, bem como aos indivíduos do público, objetivando o cumprimento da legislação vigente.

3.5.2. Normas e Procedimentos

O PPR adotou os seguintes documentos normativos e procedimentos de implementação:

- . Norma CNEN-NE 3.01 - "Diretrizes Básicas de Radioproteção" (Resolução CNEN 12/88);
- . Norma CNEN-NE 3.02 - "Serviços de Radioproteção" (Resolução CNEN 10/88);
- . Norma CNEN-NE 5.01 - "Transporte de Materiais Radioativos" (Resolução CNEN 13/88);
- . Norma CNEN-NE 6.05 - "Gerência de Rejeitos Radiativos em Instalações Radiativas" (Resolução CNEN 19/85);
- . Decretos-Lei do SIPRON n^{os} 1809/80 e 85565/80;
- . Portaria 001/82, de 08/01/1982, da Secretaria de Medicina do Trabalho;
- . Portaria 3214/78, de 08/06/1978, do Ministério do Trabalho (NR-15);
- . Transporte, Recebimento, Estocagem e Manuseio de Pastilhas de Dióxido de Urânio - PRGQ/FEC - 36 - Rev. A - julho/90;
- . Relatório de Análise de Segurança da 1^a Etapa de Transferência da FEC-Capítulos 6, 8 e 9 - 1995;
- . Relatório de Análise de Criticalidade da 1^a Etapa de Transferência da FEC-DIRAP/DERL.PD-1995;
- . Plano de Emergência da FEC - 1^a Etapa de Transferência - Rev. 4 - setembro/94; e
- . Programa de Gerenciamento de Rejeitos da FEC-1^a Etapa de Transferência - DERL.PD-024 - 1982.

3.5.3. Estrutura do Serviço de Proteção Radiológica

3.5.3.1. Organização

A execução do PPR vai ocorrer em função da estrutura organizacional da INB, apresentada na Figura 3.29.

3.5.3.2. Responsabilidades e Atribuições

Dentro do organograma, as responsabilidades e atribuições da área de proteção radiológica e de seus superiores imediatos são as seguintes:

Diretoria Industrial (DIN) - O Diretor Industrial é o responsável pela segurança radiológica do CIR. Cabe à DIN assegurar que as atividades e responsabilidades relacionadas neste PPR sejam efetivamente cumpridas.

Gerência Geral de Engenharia (GGEN) - Cabe ao Gerente Geral de Engenharia:

- . prover os meios necessários para assegurar a execução do PPR;
- . emitir e colaborar na emissão de documentos de caráter técnico, exigidos pelos órgãos licenciadores e fiscalizadores; e
- . comunicar aos órgãos fiscalizadores toda ocorrência não-rotineira.

Gerência de Proteção e Segurança (GEPSE) - cabe ao Gerente de Proteção e Segurança coordenar as atividades relacionadas à proteção radiológica e monitoramento ambiental, com as seguintes atribuições:

- . assessorar o gerente geral de engenharia quanto aos aspectos de proteção radiológica, mantendo-o informado sobre o andamento do PPR, do PGR, do PMA e de ocorrências não-rotineiras;
- . aprovar o PPR, o Plano de Gerenciamento de Rejeitos (PGR) do CIR, o Plano de Monitoramento Ambiental (PMA) do CIR e supervisionar suas execuções;
- . aprovar alterações no PPR, no PGR e no PMA, que possam propiciar maior eficiência na consecução de seus objetivos;
- . aprovar o Plano de Emergência (PE) do CIR para os casos de acidentes; e
- . representar a INB junto à CNEN e/ou organizações ligadas às áreas de segurança nuclear e/ou meio ambiente.

Setor de Proteção Radiológica e Monitoração Ambiental (GEPSE.PA) - Cabe ao responsável por este setor:

- . supervisionar as atividades relacionadas à proteção radiológica ocupacional, monitoramento ambiental e gerenciamento de rejeitos;
- . assessorar a GEPSE no que diz respeito à proteção radiológica, monitoramento ambiental e gerenciamento de rejeitos;
- . elaborar e fiscalizar normas internas de proteção radiológica;
- . fiscalizar a execução do PPR, cumprindo os procedimentos estabelecidos no mesmo;

Figura 3.29 ORGANOGRAMA

- . comunicar à área de saúde ocupacional da gerência administrativa e de serviços auxiliares (GEASA) todas as ocorrências de acidentes com radiação, assim como investigar as causas dos mesmos;
- . coordenar o treinamento do pessoal da área de proteção radiológica;
- . analisar e autorizar formalmente a execução de operações com riscos radiológicos;
- . efetuar aferições periódicas dos instrumentos de monitoração;
- . fornecer aos trabalhadores e visitantes os respectivos dosímetros de uso pessoal (filmes e canetas dosimétricas), controlando a sua correta utilização;
- . manter atualizados os assentamentos relacionados com a área de proteção radiológica;
- . estabelecer procedimentos e rotinas para o PMA nas vizinhanças das Fábricas de Produção de Pó e Pastilhas de UO_2 da Unidade II da FEC, a fim de avaliar o impacto ambiental provocado pelas suas instalações; e
- . manter um laboratório químico e um radiométrico para a execução das análises necessárias à execução do PPR.

Área de Saúde Ocupacional da GEASA - cabe ao responsável por esta área:

- . exercer o controle dos trabalhadores, de modo a atender as exigências fixadas nas normas da CNEN e no Programa de Saúde Ocupacional (PSO) do CIR; e
- . manter os assentamentos dos exames médicos realizados.

Gerências e Setores - cabe aos responsáveis por outras gerências e setores fazer cumprir no seu âmbito todos os regulamentos de proteção radiológica constantes do PPR; e comunicar ao GEPSE.PA toda e qualquer ocorrência não-rotineira em seu setor, que possa comprometer a segurança radiológica das Fábricas de Produção de Pó e Pastilhas de UO_2 da Unidade II da FEC.

3.5.4. Aspectos Radiológicos

As Fábricas de Produção de Pó e Pastilhas de UO_2 da Unidade II da FEC funcionarão com características de *lay-out* em linha, operando em sistema de bateladas de produção.

A operação das fábricas pode ser dividida basicamente nas seguintes etapas:

- . Manutenção do parque de insumos do processo;
- . Recebimento e qualificação dos cilindros 30B;
- . Produção do pó de UO_2 ;
- . Recuperação de compostos de urânio;
- . Carregamento dos homogenizadores da Fábrica de Pastilhas;
- . Produção das pastilhas de UO_2 ;
- . Reprocessamento a seco; e
- . Manuseio e estocagem das pastilhas de UO_2 .

O radionuclídeo de maior importância durante a operação das fábricas será o urânio com enriquecimento máximo de 5% em peso. Durante o processo fabril, o urânio poderá ser encontrado nas seguintes formas químicas:

1. UF_6 - produto básico do processo, manuseado nas formas gasosa, líquida e sólida;

2. UO₂F₂ - produto da hidrólise do UF₆, a saber



3. TCAU – Tricabornato de Am[^]nia e Uranila
4. UO₂ – Produto final do processo

3.5.4.1. Exposição Externa

O ²³⁵U emite radiação gama de 186 keV e os produtos de decaimento do ²³⁵U e ²³⁸U emitem radiação beta e gama, que representam um risco do ponto de vista de exposição externa.

Os produtos de decaimento vão tender a se acumular preferencialmente nos pontos onde irá ocorrer a dessublimação do UF₆. A radiação beta, emitida pelos produtos de decaimento, pode se tornar um problema do ponto de vista de irradiação externa no caso de descontaminação de um dos componentes desse processo.

A taxa de exposição na superfície de um cilindro do tipo 30B deverá situar-se em torno de 1,5 mR/h (3,86 x 10⁻⁶ C/kg.h).

Após o esvaziamento do cilindro 30B mas antes de sua lavagem interna, a taxa de exposição em sua superfície inferior deverá se situar em torno de 5 mR/h (1,29 x 10⁻⁵ C/kg.h).

No entanto a lavagem interna do cilindro deverá fazer com que a taxa de exposição em qualquer ponto de sua superfície seja reduzida para cerca de 0,3 mR/h (7,72 x 10⁻⁷ C/kg.h).

3.5.4.2. Exposição Interna

a) Incorporação de Fluoreto de Uranila

Na operação normal com UF₆ e principalmente em casos de acidente, o trabalhador será exposto ao fluoreto de uranila (UO₂F₂) na forma de aerossol com diâmetro médio de 1 µm, pois o UF₆ hidroliza-se imediatamente ao contato com a umidade do ar para formar UO₂F₂ e ácido fluorídrico (HF).

b) Inalação de Fluoreto de Uranila

Como o UO₂F₂ é um composto solúvel de urânio, sua permanência nos pulmões é curta, transformando assim os rins em órgãos críticos, devido à sua toxicidade química, assim como os ossos, devido à sua toxicidade radiológica. O urânio solúvel é eliminado pelos rins e excretado na urina.

Estudos realizados mostram que, para inalações agudas de UO₂F₂ durante acidentes, a toxidez química é predominante mas, para inalações crônicas, a toxidez radiológica torna-se mais importante.

c) Ingestão de Fluoreto de Uranila

O urânio solúvel não é grandemente absorvido pelo trato gastrointestinal e, portanto, a maior parte do urânio ingerido é eliminada nas fezes. Do ponto de vista da toxicidade radiológica, o órgão crítico para ingestão de UO_2F_2 ou UO_2^{2+} é o trato gastrointestinal.

d) Incorporação de Tetrafluoreto ou de Dióxido de Urânio

O UF_4 é normalmente depositado na forma de poeira no interior de componentes que conduzem o UF_6 . Durante a manutenção, os trabalhadores estarão sujeitos à contaminação de UF_4 presente no ar e nas superfícies.

e) Inalação de Tetrafluoreto ou de Dióxido de Urânio

Como o UF_4 e o UO_2 são compostos insolúveis de urânio, o tempo de permanência nos pulmões é longo, sendo este o órgão crítico devido à toxicidade radiológica.

f) Ingestão de tetrafluoreto ou de dióxido de urânio

Como o UF_4 e o UO_2 são pouco absorvidos pelo trato gastrointestinal, o urânio é eliminado nas fezes, sendo o órgão crítico o próprio trato gastrointestinal.

3.5.4.3. Limites Máximos Permitidos

a) Doses Máximas Permissíveis

Em condições de exposição de rotina, nenhum trabalhador deve receber, por ano, doses equivalentes efetivas superiores a 50 mSv (5 rem), quando o valor médio anual dos trabalhadores da instalação não exceder 5 mSv (0,5 rem) e quando a dose equivalente efetiva acumulada pelo trabalhador em cinquenta anos não exceder 1 Sv (100 rem).

Da mesma forma, nenhum visitante deve receber, por ano, dose equivalente efetiva superior ao limite primário para indivíduos do público, ou seja, 1 mSv (0,1 rem), nem ultrapassar um décimo deste limite em cada exposição independente.

b) Disposições Complementares

- Nenhum trabalhador deve ser exposto à radiação, sem que:
 - . seja necessário;
 - . tenha conhecimento dos riscos radiológicos associados ao seu trabalho; e
 - . esteja adequadamente treinado para o desempenho seguro de suas funções;
- Compensações ou privilégios especiais para trabalhadores não devem, em nenhuma hipótese, substituir os requisitos aplicados no PPR;
- Estudante ou estagiário maior de dezoito anos, cujas atividades envolvam o emprego de radiação, não deve receber por ano, dose equivalente efetiva superior ao limite primário para indivíduos do público, ou seja, 1 mSv (0,1 rem), nem ultrapassar um décimo deste

limite numa única exposição;

- Gestantes não devem trabalhar em áreas controladas, assim como, para mulheres com capacidade reprodutiva, a dose no abdome não deve exceder 10 mSv (1 rem) em qualquer período de três meses consecutivos;
- Em exposições de emergência, somente poderão participar trabalhadores que tenham recebido previamente informações sobre os riscos associados;
- As exposições de emergência podem ser decididas diretamente, se durante tais operações as doses previstas forem inferiores a 100 mSv (10 rem); e
- As tarefas a cumprir em exposições de emergência serão voluntárias, quando as doses previstas forem iguais ou maiores que 100 mSv (10 rem).

c) Concentrações no Ar Derivadas (CAD)

O limite a ser adotado, de forma conservadora, para a concentração no ar derivada dos compostos insolúveis de urânio provenientes da operação das Fábricas de Produção de Pó e Pastilhas de UO₂ será de $6 \times 10^{-1} \text{ Bq/m}^3$ ($16,2 \times 10^{-12} \text{ Ci/m}^3$), valor este estabelecido para o ²³⁴U considerando uma jornada de trabalho de 40 horas por semana, assim como de $2 \times 10^2 \text{ Bq/m}^3$ ($5,4 \times 10^{-9} \text{ Ci/m}^3$) o limite adotado para os urânios solúveis para a mesma jornada de trabalho.

d) Limite de Incorporação Anual (LIA)

O limite a ser adotado, de modo conservador, para a incorporação anual dos urânios insolúveis será de $7 \times 10^6 \text{ Bq}$ ($1,89 \times 10^{-4} \text{ Ci}$) para ingestão e de $1 \times 10^3 \text{ Bq}$ ($2,70 \times 10^{-8} \text{ Ci}$) para inalação, valores estes estabelecidos para o ²³⁴U, assim como de $5 \times 10^4 \text{ Bq}$ ($1,35 \times 10^{-6} \text{ Ci}$) o limite adotado para os urânios solúveis.

e) Concentrações de Urânio nos Efluentes Líquidos

Os níveis e os controles radiométricos para a liberação dos efluentes líquidos gerados nas fábricas são detalhados no item 3.4.

f) Limites de Contaminação de Superfícies

Serão observados, para contaminação removível de superfícies, os limites estabelecidos na Tabela 3.29, a seguir.

Tabela 3.29 LIMITES DERIVADOS PARA CONTAMINAÇÃO DE SUPERFÍCIES

Tipo de Superfície	Extensão da Contaminação	Limite de Contaminação Superficial	
		Bq/cm ²	mCi/cm ²
Superfícies de	< 1 m ²	30	811
Áreas Restritas	> 1 m ²	3	81,1
Superfície do Corpo		0,3	8,11
Superfície de Área Livre		0,3	8,11

Fonte: INB

Será efetuada a monitoração direta, sempre que possível. Nos casos de execução do teste de esfregação, será considerada a eficiência de remoção de 10% da contaminação.

3.5.5. Caracterização dos Locais de Trabalho

De acordo com o risco de exposição e contaminação, as Fábricas de Produção de Pó e Pastilhas de UO_2 serão divididas em quatro áreas, a saber:

- Área 1 - área restrita/controlada, na qual as doses equivalentes efetivas anuais podem ser iguais ou superiores a três décimos dos limites ocupacionais para trabalhadores, conforme especificado no item 3.5.4.3. O acesso aos locais com essa classificação será controlado por procedimento específico e autorizado somente pelo responsável da área. Serão classificados como Área 1:

- Sala da autoclave;
- Área de armazenamento de cilindros de UF_6 ;
- Sala de lavagem de cilindros de UF_6 ;
- Homogeneizadores;
- Depósito de Pó;
- Áreas de prensagem e embalagem das pastilhas; e
- Depósito de Pastilhas.

Nesses locais, serão encontrados os maiores volumes de urânio durante o processo, assim como as taxas de exposição mais elevadas. Dessa forma, as atividades desenvolvidas nos locais classificados como Área 1 serão realizadas sempre com o acompanhamento de um técnico de proteção radiológica.

- Área 2 - área restrita/controlada, na qual as doses equivalentes efetivas anuais podem ser iguais ou superiores a três décimos dos limites ocupacionais para trabalhadores, conforme especificado no item 3.5.4.3. O acesso aos locais com essa classificação será controlado por procedimento específico e autorizado somente pelo responsável da área. Serão classificados como Área 2:

- Área de recebimento dos cilindros de UF₆;
- Processamento;
- Forno de leito fluidizado;
- Prensa;
- Área de sinterização
- Retífica; e
- Sala de enchimento de varetas.

Nesses locais, apesar das taxas de exposição serem inferiores às taxas encontradas na Área 1, será maior o tempo de permanência do trabalhador devido às ações de controle e fiscalização do processo fabril.

Área 3 - área restrita/supervisionada, na qual as doses equivalentes efetivas anuais devem ser mantidas inferiores a três décimos dos limites ocupacionais para trabalhadores, conforme especificado no item 3.5.4.3. O acesso aos locais com essa classificação será controlado por procedimento específico. Serão classificados como Área 3 :

- Sala da proteção radiológica (ponto de controle 2);
- Salas de ventilação;
- Laboratório “quente” (situado na área contaminada);
- Laboratório “frio” (situado na área limpa)
- Área de apoio dos laboratórios;
- Escritório dos laboratórios; e
- Sala de estar dos laboratórios.

Área 4 - área livre, sem manipulação de urânio sob qualquer forma, na qual as doses equivalentes efetivas anuais não podem exceder os limites primários para indivíduos do público, conforme especificado no item 3.5.4.3.

3.5.6. Controle Radiológico

O controle radiológico será realizado segundo os níveis de referência apresentados na Tabela 3.30, adiante.

3.5.6.1. Controle de Dose

Face às características das suas instalações, todos os empregados, que exercerem atividades que requeiram a sua presença no interior das Fábricas de Produção de Pó e Pastilhas de UO₂, farão uso obrigatório de filmes dosimétricos individuais (*film badges*), estando sujeitos a controle médico, conforme previsto no item 3.5.13. A frequência de troca dos filmes dosimétricos será determinada de acordo com as atividades desenvolvidas por cada trabalhador, sendo mensal para os trabalhadores que executarem atividades rotineiras nas áreas restritas e trimestral para os demais trabalhadores lotados nas fábricas. Os equipamentos utilizados pelo serviço de proteção radiológica para o controle dos níveis de radiação estão listados na Tabela 3.31, adiante.

Tabela 3.30 NÍVEIS DE REFERÊNCIA PARA CONTROLE RADIOLÓGICO

	Unidade	Área	Nível de Registro	Nível de Investigação	Nível de Interferência	
Taxa de Dose por Trabalhador (filme dosimétrico)	mSv/ano	Controlada	0,8	15	50	
		Supervisionada	0,8	4,5	15	
Taxa de Dose por Visitante (caneta dosimétrica)	μSv/ano	Restrita	10	30	100	
Contaminação de Superfície	Bq/cm ²	Restrita	<1m ²	3	9	30
			>1m ²	3 x10 ⁻¹	9x10 ⁻¹	3
		Livre	3x10 ⁻²	9x10 ⁻²	3x10 ⁻¹	
Concentração de Urânio no ar	Bq/m ³	Restrita	6x10 ⁻²	1,8x10 ⁻¹	6x10 ⁻¹	

Fonte: INB

Todos os visitantes que ingressarem nas áreas restritas, receberão do serviço de proteção radiológica canetas dosimétricas para a sua monitoração individual, estando sujeitos aos níveis estabelecidos para indivíduos do público, conforme especificado no item 3.5.4.3.

3.5.6.2. Controle de Contaminação

a) Controle de Contaminação Individual

- Contaminação externa

Todo trabalhador e/ou visitante deverá utilizar o monitor de pés, mãos e roupas, ao sair dos locais classificados como área controlada. Caso o monitor acuse contaminação, o indivíduo será descontaminado sob supervisão do serviço de proteção radiológica. Se o monitor indicar ausência de contaminação, poderá ser realizado o acesso a outras áreas. Haverá um procedimento específico para instruir sobre a utilização do monitor de pés, mãos e roupas.

Como os uniformes dos trabalhadores, que executarem atividades na Área 1, estarão sujeitos à contaminação, será feita uma monitoração rotineira para indicar os níveis de contaminação dos mesmos. Quando não for possível lavar ou estocar essas roupas, as mesmas serão consideradas como rejeito radioativo e convenientemente encapsuladas em tambores e armazenadas no Depósito de Rejeitos Sólidos Radioativos.

Tabela 3.31 INSTRUMENTAÇÃO DO SERVIÇO DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA

Equip. / Modelo	Quantidade	Faixa de Leitura	Controle	Finalidade
Sistema Proporcional de Grande Área (FHT 650C1, C2 e 700A)	2	10 ² c/min 10 ³ c/min 10 ⁴ c/min 10 ⁵ c/min 10 ⁶ c/min	ANUAL (tensão de operação) GEPSE.PA DIÁRIO reprodutibilidade	α e β total de efluentes líquidos, filtros de ar e esfregaços
Monitor Portátil (FHT 111 E)	2	0 a 2x10 ³ c/s	SEMANAL reprodutibilidade GEPSE.PA	Monitoração de α e β+γ da contaminação de superfície
Monitor Portátil (Graetz X5E)	2	10 μSv/h 100 μSv/h 1 mSv/h 50 mSv/h	ANUAL IRD/CNEN	Medida da taxa de dose equivalente
Monitor Portátil (Graetz X50B)	2	10 mR/h 100 mR/h 1 R/h 50 R/h	ANUAL IRD/CNEN	Medida da taxa de exposição
Gamâmetro (Studvik 2414A)	1	1-103 μR/h 1-103 mR/h	ANUAL IRD/CNEN	Medida da taxa de exposição
Monitor Portátil (Nortron NDG-50RA)	2	10 mR/h 100 mR/h 1 R/h 50 R/h	ANUAL IRD/CNEN	Medida da taxa de exposição
Caneta Dosimétrica (Dosimeter)	17	0-200 mR	ANUAL IRD/CNEN	Dosímetro individual
Equip. / Modelo	Quantidade	Faixa de Leitura	Controle	Finalidade
Gamâmetro (Studvik 2414A)	1	1-103 μR/h 1-103 mR/h	ANUAL IRD/CNEN	Medida da taxa de exposição
Caneta Dosimétrica (Kowol-Stephen)	20	0-2.000 μSv	ANUAL IRD/CNEN	Dosímetro individual
Monitor de pés, mãos e roupas (FHT-65F)	1	10 ⁶ c/min	SEMANAL reprodutibilidade	Controle individual de contaminação na saída da Área 1.
Monitor de mãos e roupas (Berthold LB1038A)	1	100 c/min 300 c/min 1 kc/min 3 kc/min 10 kc/min 30 kc/min 100 kc/min	SEMANAL reprodutibilidade	Controle individual de contaminação na saída da Área 1.
Dosímetro Portátil (Alnor RAD-21)	5	0,1 a 999,9 mR/h	ANUAL IRD/CNEN	Dosímetro individual integrador

Fonte: INB

- Contaminação interna

O controle individual de incorporação de material radioativo por inalação será efetuado por método indireto, através de medidas de contaminação do ar. Será realizada a simulação do volume respirado por um trabalhador durante a jornada semanal (40 horas por semana) por intermédio de um amostrador de baixo fluxo de ar. Em qualquer caso de suspeita de contaminação interna acidental, será executado o exame do indivíduo em contador de corpo inteiro.

b) Controle de Contaminação de Superfícies

Será efetuada a limpeza sistemática dos locais de trabalho e de trânsito de pessoal, com vistas a reduzir ao máximo a contaminação de pisos e superfícies. Serão realizados semanalmente testes de esfregaço em pontos fixos, determinados de acordo com a probabilidade de ocorrência de contaminação de superfície em função das operações do processo fabril. Os limites de contaminação de superfície estão listados na Tabela 3.29.

c) Controle de Contaminação do Ar

O controle do nível de contaminação no ar será realizado através da utilização de amostradores de ar acoplados a filtros especiais para retenção de aerossóis, para subsequente análise laboratorial radiométrica. Serão efetuadas averiguações detalhadas, caso seja obtido algum valor superior aos níveis de investigação apresentados na Tabela 3.30.

3.5.6.3. Meios de Descontaminação

a) Descontaminação de Pessoal

Em situações de rotina, a área controlada será o único local onde poderão ocorrer contaminações superiores aos limites estabelecidos na Tabela 3.30.

Nos casos de incidentes que envolverem contaminação de pessoal, será acionado o serviço de proteção radiológica para a execução do procedimento de descontaminação.

b) Descontaminação de Roupas e Sobre-Sapatos

Para a lavagem das vestimentas de proteção, será utilizada uma lavadora e uma secadora automáticas, instalada nas dependências do serviço de proteção radiológica.

c) Descontaminação de Materiais

A descontaminação de materiais será realizada de acordo com procedimento específico, obedecendo sempre aos limites adotados na Tabela 3.30 para superfícies de área livre.

3.5.6.4. Sistema de Detecção e Alarme de Criticalidade

As Fábricas de Produção de Pó e Pastilhas de UO₂ vão dispor de um sistema de detecção de acidentes de criticalidade nuclear contemplados no Plano de Emergência (PE) do CIR, que contará com alarme sonoro e visual. Os detetores de criticalidade serão instalados em diversos pontos da Unidade II, de forma a cobrir todas as áreas onde possa vir a ocorrer um acidente dessa natureza.

3.5.7. Controle de Material Radioativo

3.5.7.1. Guarda de Material Radioativo

a) Material Radioativo Salvaguardado

De acordo com o Plano de Controle e Contabilidade de Material Nuclear das Fábricas de Produção de Pó e Pastilhas de UO₂, a ser submetido à aprovação da CNEN, a responsabilidade de guarda e contabilidade do material nuclear caberá à GEPSE.SN.

b) Material Radioativo Não-Salvaguardado

A utilização e guarda de qualquer material radioativo não-salvaguardado estará sob a responsabilidade da GEPSE.PA.

3.5.7.2. Transporte de Material Radioativo

a) Transporte Interno

O transporte interno de material radioativo será efetuado exclusivamente através de vias pré-determinadas. Essas vias serão objeto de controle radiológico diário, com vistas à detecção de eventual espalhamento desse material.

b) Transporte Externo

O transporte de qualquer material radioativo para fora da CIR será feito em conformidade com a norma CNEN-NE 5.01.

3.5.8. Laboratórios de Proteção Radiológica

Os laboratórios de proteção radiológica e ambiental são responsáveis pela coleta das amostras e preparação e execução das análises laboratoriais radiométricas, químicas, físicas e físico-químicas das matrizes das áreas ocupacionais e externas à Unidade II e ao CIR.

3.5.8.1. Localização dos Laboratórios

Os laboratórios estão localizados no prédio III, constando de um laboratório de radiometria, outro de padronização, uma sala de recebimento e preparação de amostras, um laboratório químico e três salas de escritório.

3.5.8.2. Equipamentos dos Laboratórios

Os equipamentos, a serem utilizados pelo serviço de proteção radiológica para o controle dos níveis de radiação, estão listados na Tabela 3.31, apresentada anteriormente.

3.5.8.3. Atividades dos Laboratórios

Os laboratórios de radiometria terão as seguintes atividades principais:

- . Coleta das amostras e preparação e execução das análises laboratoriais radiométricas e físico-químicas das matrizes ambientais (ar, águas, sedimentos e lamas, solo, leite e pasto) nas áreas ocupacionais e externas à Unidade II;
- . Verificação, manutenção e aferição dos equipamentos de proteção radiológica e laboratoriais;
- . Preparação de fontes-padrão para calibração dos equipamentos; e
- . Guarda dos equipamentos e seus sobressalentes.

3.5.9. Proteção Respiratória

Todos os trabalhadores, que exercerem atividades rotineiras nas áreas controladas, farão uso contínuo de máscaras para a proteção do sistema respiratório.

Será continuamente executada a amostragem de ar durante a execução dos trabalhos, utilizando-se para tal bombas simuladoras de respiração, conforme descrito no item 3.5.6.2.

3.5.10. Monitoração Ambiental

O monitoramento ambiental, a ser executado de acordo com o Programa de Monitoração Ambiental do CIR, a ser aprovado pelo IBAMA/FEEMA e CNEN, compreenderá a coleta das amostras e as análises laboratoriais radiométricas e físico-químicas das matrizes ambientais ar, água de superfície, água subterrânea, água potável, sedimentos e lamas, solo, leite e pasto, assim como as medidas de dose integrada e a tomada de dados meteorológicos e hidrológicos da região.

3.5.11. Emergências Radiológicas

Os acidentes radiológicos, passíveis de ocorrer durante a operação das Fábricas de Produção de Pó e Pastilhas de UO₂, serão tratados de acordo com o Plano de Emergência da Unidade II.

3.5.12. Assentamentos

Será mantido um sistema de assentamentos, a ser implantado pela GEPSE.PA, para o registro dos resultados do levantamento radiométrico da área, da monitoração individual, da contaminação do ar, de superfícies, de águas, de peças e equipamentos, de roupas e de pessoal da Unidade II da FEC.

No controle dosimétrico dos trabalhadores com acesso às áreas restritas, serão utilizados dois formulários: ficha de controle radiológico de usuário de filme dosimétrico e ficha de controle de caneta dosimétrica.

No primeiro, serão anotados o número do filme, a frequência de troca, as doses mensais ou trimestrais e a dose anual acumulada para cada usuário. No segundo, serão lançados o número da caneta dosimétrica utilizada, as leituras inicial e final registradas pela caneta e a diferença dessas leituras, bem como o cálculo da dose total recebida, para cada usuário.

Esses registros serão arquivados na GEPSE.PA por um período de trinta anos.

3.5.13. Controle Médico dos Trabalhadores

Todo trabalhador, que venha a exercer atividades nas áreas restritas, estará sujeito a um Programa de Saúde Ocupacional através do emprego de medidas de natureza médica, com a finalidade de prevenir ou minimizar os efeitos decorrentes da ação das radiações ionizantes sobre as pessoas nas Fábricas de Produção de Pó e Pastilhas de UO₂.

O PSO seguirá o estabelecido na legislação trabalhista, nas decisões do SIPRON, nos Decreto-Lei nº 1809/80 e Decreto nº 85565/80, na Resolução CNEN 12/88 e nas portarias do Ministério do Trabalho de nºs 3214/78, 001/82 e 028/82.

O Programa de Saúde Ocupacional das fábricas será executado pela área de saúde ocupacional da INB.

3.5.13.1. Caracterização dos Grupos de Empregados

Os empregados das Fábricas de Produção de Pó e Pastilhas de UO₂ da Unidade II da FEC serão divididos em quatro grupos, a saber:

- . Grupo 1 - candidatos a emprego, empregados das fábricas ou empregados de outras empresas que venham trabalhar regularmente nas áreas restritas, portanto:
 - expondo-se à radiação gama de baixa energia;
 - estando sujeitos à contaminação interna, mais provavelmente por via respiratória; e
 - estando sujeitos à contaminação das superfícies corporais;
- . Grupo 2 - candidatos a emprego ou trabalhadores das fábricas que venham trabalhar nas áreas restritas, com acesso esporádico às mesmas;
- . Grupo 3 - candidatos a emprego ou trabalhadores das fábricas que venham supervisionar ou operar os equipamentos de radioproteção, estando portanto sujeitos à radiação ionizante ; e
- . Grupo 4 - candidatos a emprego ou trabalhadores das fábricas que venham atuar em atividades de segurança nas equipes de emergência e que, por determinação legal (resolução CNEN 07/81), devem ser submetidos a avaliações complementares.

3.5.13.2. Exames Médicos

O Programa de Saúde Ocupacional irá prever exames médicos pré-admissionais, periódicos, especiais e pré-demissionais.

O exame especial será realizado, quando houver suspeita de que o empregado tenha sido submetido a doses de radiação que ultrapassem os limites estabelecidos pelas norma CNEN-NE 3.01 - “Diretrizes Básicas de Radioproteção”. Será também aplicado nas suspeitas de contaminação interna e/ou externa.

3.5.13.3. Assentamentos Médicos

Os prontuários médicos serão guardados por um período de 30 anos sob responsabilidade da área de saúde ocupacional da INB.

3.5.14. Treinamento

Todos os trabalhadores das Fábricas de Produção de Pó e Pastilhas de UO₂ da Unidade II da FEC receberão treinamento anual em proteção radiológica em diferentes níveis, conforme as suas atividades.

Os cursos a serem ministrados estão listados na Tabela 3.32, a seguir.

Tabela 3.32 CURSOS DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA

Curso	Clientela	Carga Horária	Conteúdo
Proteção Radiológica I	Corpo Técnico	15 horas em 5 dias (3 h/dia)	<ul style="list-style-type: none"> * Noções sobre Radioatividade * Natureza das Radiações * Aplicação da Radioatividade * Detecção das Radiações * Quantidades e Unidades * Efeito Biológico das Radiações * Proteção contra as Radiações * Proteção Radiológica na FEC
Proteção Radiológica II	Corpo Administrativo e Reciclagem	2 horas em 1 dia	* Curso de Proteção Radiológica I condensado
Proteção Radiológica III	Equipes de Emergência	15 horas em 5 dias (3 h/dia)	<ul style="list-style-type: none"> * Acidentes Radiológicos * Procedimentos de Proteção Radiológica em Situações de Emergência

Fonte: INB

Uma vez realizado o curso de "Proteção Radiológica I" e tendo sido aprovado através de avaliação formal, o trabalhador/corpo técnico passará a receber anualmente o treinamento de reciclagem, de acordo com a programação do curso de "Proteção Radiológica II".

O curso de "Proteção Radiológica III" terá, como pré-requisito, a realização do curso de "Proteção Radiológica I".