

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS - UFMG
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA NUCLEAR
CURSO DE CIÊNCIAS E TÉCNICAS NUCLEARES

**Projeto de um sistema integrado de informação para suporte ao
controle regulatório do inventário de rejeitos radioativos**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciências e Técnicas Nucleares da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências e Técnicas Nucleares.

Autora: Marília Tavares Christóvão
Orientador: Tarcísio Passos Ribeiro de Campos
Área de concentração: Ciências das Radiações

Belo Horizonte, Maio 2005
Escola de Engenharia da UFMG

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Aos meus filhos, Pedro e Rômulo, ainda que suportando minhas constantes ausências em momentos importantes de suas vidas, me deram amor e alegria que precisava para empreender esta jornada.

Agradecimentos

À Deus, pelo seu infinito amor e zelo por mim, “...tudo posso naquele que me fortalece (Fil.4:13)”, toda minha gratidão em Cristo Jesus.

Ao professor Tarcísio, mais do que orientador, um parceiro imprescindível nesse trabalho, pelo apoio irrestrito, pela compreensão e ajuda para resolver todos os percalços nessa jornada.

À equipe da DIREJ/CNEN, Arnaldo Mezrahi, Carlos de Almeida Gomes, Nerbe José Rupert Júnior, Valmir Pereira, Jane Shu, pela disposição no fornecimento de valorosas informações, na forma de entrevistas, em revisões da proposta do projeto e na validação do SICORR, possibilitando assim, a realização desse trabalho.

Ao Fernando Ernesto Pena, pelo apoio e grande ajuda na revisão e formatação do texto.

Ao Marcos Flávio de Oliveira, pelas sugestões, revisão da análise do projeto e constante disposição em ajudar.

Ao CDTN/CNEN, pela oportunidade que me concedeu para que pudesse realizar o mestrado.

À minha família e amigos, pelo apoio, e, sobretudo, pela paciência nesse período.

Aos meus queridos irmãos da Comunidade Cristã do Buritis, pela demonstração de afeto e solidariedade nos momentos difíceis. Gerson e Mônica, agradeço a ajuda na tradução do resumo.

Sumário

Lista de Tabelas.....	v
Lista de Figuras.....	vi
Definições e Siglas.....	vii
Resumo.....	x
Abstract.....	xi
Capítulo I - Introdução.....	1
I.1. Considerações iniciais.....	1
I.2. Justificativa.....	1
I.3. Objetivos.....	2
I.4. Organização do trabalho.....	3
Capítulo II - Revisão do cenário atual.....	4
Capítulo III - Revisão da bibliografia.....	9
III.1. Legislação.....	14
III.2. Gerência em rejeitos radioativos.....	15
III.2.1. Coleta.....	15
III.2.2. Segregação.....	16
III.2.3. Acondicionamento e identificação.....	17
III.2.4. Classificação.....	17
III.2.5. Tratamento.....	21
III.2.6. Eliminação.....	24
III.2.7. Transporte.....	24
III.2.8. Armazenamento - Disposição final.....	25
III.2.9. Controle.....	27
Capítulo IV - Metodologia.....	29
IV.1. Metodologia aplicada.....	29
IV.2. Conceitos referentes a sistema de informática.....	30
IV.3. Considerações sobre o processo PRAXIS.....	38
Capítulo V - Resultados.....	41
V.1. Descrição dos processos do SICORR.....	41
V.1.1. Gestão das instalações radiativas.....	41
V.1.2. Gestão dos rejeitos radioativos.....	41
V.1.3. Gestão dos Institutos CNEN.....	44
V.1.4. Gestão do controle regulatório.....	45
V.1.5. Gestão dos dados de apoio.....	47
V.1.6. Gestão de usuários.....	49
V.1.7. Emissão de relatórios elaborados por pesquisa.....	50
V.1.8. Emissão de relatórios padronizados.....	52
V.2. Aspectos da especificação e análise do SICORR.....	56
V.2.1 Documento <i>Proposta de Especificação de Software (PESw)</i>	56
V.2.1 Documento <i>Especificação de Requisitos de Software (ERSw)</i>	56
V.3 Aspectos de integração dos processos de negócio.....	69
Capítulo VI - Conclusões.....	74
VI.1. Principais benefícios.....	74
VI.2. Considerações finais.....	75
VI.3. Perspectivas futuras.....	76
Bibliografia.....	78
Anexo A - <i>Proposta de Especificação de Software (PESw)</i>	
Anexo B - <i>Especificação dos Requisitos de Software (ERSw)</i>	
Anexo C - CD-ROM Arquivos fontes gerados na fase de análise do SICORR	

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Inventário de fontes seladas no Brasil.....	12
Tabela 2 - Inventário estimado de fontes seladas no Brasil.....	13
Tabela 3 - Número, atividade e volume estimados.....	13
Tabela 4 - Dados do levantamento de ferramentas CASE.....	37
Tabela 5 - Elementos da fase Concepção.....	39
Tabela 6 - Elementos da fase Elaboração.....	39
Tabela 7 - Documentos e modelo do PRAXIS utilizados.....	40
Tabela 8 - Materiais de referência.....	56
Tabela 9 - Descrição dos usuários do SICORR.....	57
Tabela 10 - Descrição dos campos - Interface de usuário <i>Tela de instalação radiativa</i>	63
Tabela 11 - Descrição dos comandos - Interface de usuário <i>Tela de instalação radiativa</i> .64	
Tabela 12 - Detalhamento do caso de uso <i>Gestão de instalação radiativa</i>	64
Tabela 13 - Descrição das classes do SICORR.....	69

Lista de Figuras

Figura 1 - Diagrama de Contexto do SICORR.....	61
Figura 2 - Tela do menu principal do SICORR.....	62
Figura 3 - Layout sugerido para a interface de usuário <i>Tela de instalação radiativa</i>	62
Figura 4 - Diagrama de Estado - <i>Gestão de rejeitos radioativos</i>	65
Figura 5 - Diagrama de Estado - <i>Controle de inventário de radionuclídeos</i>	65
Figura 6 - Diagrama Hierárquico Funcional do SICORR.....	66
Figura 7 - Diagrama de Atividades - Modelo de processo de negócio do SICORR.....	67
Figura 8 - Diagrama de Classes Persistentes do SICORR.....	68
Figura 9 - Classes e atributos referentes aos dados de apoio.....	73
Figura 10 - Classes referentes aos processamentos de rejeito radioativo e de radionuclídeo.....	73

Definições e Siglas

Acondicionamento:	Colocação de rejeitos radioativos em embalagem própria para ser manuseado, tratado, transportado e armazenado, visando cumprir os requisitos de segurança e minimizar os custos das etapas de gerência posteriores.
Armazenamento:	Confinamento de rejeitos radioativos por um período definido do tempo.
Armazenamento inicial:	Armazenagem temporária de rejeitos radioativos no espaço física da instalação que os tenha gerado.
Atividade específica:	Atividade específica de um material radioativo é o número de desintegrações nucleares por unidade de tempo e por unidade de massa desse material. Se expressa em curie/g ou becquerel/g. Em uma quantidade determinada de resíduo radioativo, haverá uma atividade específica determinada para cada um dos elementos radioativos contidos.
Barreira:	Obstáculo natural ou artificial entre os rejeitos e o homem para impedir ou minimizar o risco de transportar material radioativo para o exterior do repositório, pode ser barreira química-física (acondicionamento e imobilização do rejeito), barreira de engenharia ou barreira geológica.
Becquerel (Bq):	Unidade de decaimento radioativo, que substitui o Curie (Ci), equivalente a 1 desintegração por segundo. $3,7 \times 10^{10}$ becquerels = 1 curie (Ci) Becquerel (Bq).
Betumização:	Processos da incorporação de rejeitos em betume.
Cimentação:	Processos da incorporação de rejeitos em cimento.
Curie (Ci):	Unidade básica utilizada para descrever a intensidade de radioatividade em um material. O Curie equivale $3,7 \times 10^{10}$ desintegrações por segundo, que é aproximadamente a atividade de um grama de Rádío.
Caracterização:	Determinação das propriedades físicas, químicas e radiológicas do rejeito para o estabelecimento de processos de tratamento e acondicionamento mais adequados, além de facilitar o manuseio, o processamento, o armazenamento e a deposição.
Compactação:	Método de tratamento em que o volume do material compressível é reduzido pela aplicação de pressão externa, resultando no aumento da densidade.
CDTN:	Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear da CNEN.
CNEN:	Comissão Nacional de Energia Nuclear.
Deposição:	Colocação de rejeitos radioativos em depósito final, sem a intenção de removê-los.
Depósito de rejeitos radioativos:	Instalação designada para armazenamento ou deposição de rejeitos radioativos.
Depósito final:	Depósito destinado a receber, em observância aos critérios estabelecidos pela CNEN, os rejeitos radioativos provenientes de armazenamentos iniciais, depósitos intermediários e depósitos provisórios. É também designado repositório.
Depósito intermediário:	Depósito destinado a receber e, eventualmente, tratar e/ou acondicionar rejeitos radioativos, até o seu descarte ou remoção para depósito final.
Depósito provisório:	Depósito destinado a receber rejeitos radioativos provenientes de áreas atingidas por acidentes com materiais radioativos até sua transferência, em condições máximas de segurança, para outro depósito.
Embalado:	Conjunto formado pela embalagem e pelo seu conteúdo de rejeito.

Embalagem:	Recipiente fechado, com ou sem revestimento interno, que tem a finalidade de permitir o transporte e o armazenamento do produto e, se necessário, servir de barreira de engenharia com o objetivo de blindar a radiação e/ou reter radionuclídeos. Inclui os componentes (estrutura, absorventes, blindagem, amortecedores, dissipadores e isoladores térmicos, etc.), exceto o conteúdo radioativo.
Fonte:	Equipamento ou material que emite ou é capaz de emitir radiação ionizante ou de liberar substâncias ou materiais radioativos.
Fonte selada:	Fonte radioativa encerrada hermeticamente numa cápsula, de forma que não possa haver dispersão da substância radioativa em condições normais e severas de uso.
Gamagrafia:	Também chamada de radiografia industrial, é uma técnica baseada na absorção diferencial produzida quando a radiação gama atravessa objetos com defeitos e como impressiona uma placa fotográfica. É amplamente utilizada nas inspeções de soldas. São empregadas fontes encapsuladas, com blindagens protetoras, que contém emissores gama, os isótopos mais utilizados são Iridio-192, Cobalto-60 e Césio-137.
Gerência de rejeitos radioativos:	Conjunto de atividades administrativas e técnicas envolvidas na coleta, segregação, manuseio, tratamento, acondicionamento, transporte, armazenamento, controle e deposição de rejeitos radioativos.
IAEA:	International Atomic Energy Agency. Agência Internacional de Energia Atômica.
IEN:	Instituto de Engenharia Nuclear da CNEN.
Imobilização:	Processo de incorporação do rejeito em uma matriz sólida (cimento, betume, vidro, etc.), com objetivo de evitar a dispersão do rejeito e para possibilitar o manuseio, armazenamento e transporte.
Instalação:	Estabelecimento ou parte de um estabelecimento ou local destinado à realização de uma prática. A instalação pode ser classificada como instalação nuclear ou instalação radiativa.
Instalação nuclear:	Instalação na qual material nuclear é produzido, processado, reprocessado, utilizado, manuseado ou estocado em quantidades relevantes. Estão incluídos nesta definição: reator nuclear; usina que utilize combustível nuclear para produção de energia térmica ou elétrica para fins industriais; fábrica ou usina para produção ou tratamento de materiais nucleares; integrante do ciclo de combustível nuclear; usina de reprocessamento de combustível nuclear irradiado e depósito de materiais nucleares, não incluindo local de armazenamento temporário usado durante transporte.
Instalação radiativa:	Estabelecimento ou instalação onde se produzem, utilizam, transportam ou armazenam fontes de radiação. Excetuam-se desta definição: as instalações nucleares e os veículos transportadores de fontes de radiação quando estas não são partes integrantes dos mesmos.
IPEN:	Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares da CNEN.
Inventário de radionuclídeo:	Registro por identificador único, agregando identificação de radionuclídeo e instalação e acompanhamento de aquisição, utilização e eliminação de radionuclídeos.
Inventário de rejeito radioativo:	Registro por identificador único, agregando identificação de tipos de rejeitos radioativos, situação de uso e instalação de origem, localização, dentre outras informações.
Material nuclear:	Elementos nucleares ou seus subprodutos, definidos na Lei n. 4.118/62.

Material radioativo:	Material emissor de qualquer radiação eletromagnética ou particulada, direta ou indiretamente ionizante.
Meia-vida:	Em uma substância radioativa, o número de átomos radioativos em função do tempo segue uma lei exponencial decrescente. Meia vida é definida como o tempo que transcorre para que o número de átomos radioativos seja a metade dos iniciais.
Radionuclídeo:	Isótopo radioativo do elemento químico, que é instável e espontaneamente se desintegra, emitindo radiação ionizante.
Radioproteção:	Conjunto de medidas legais, técnicas e administrativas que visam a reduzir a exposição e seres vivos à radiação ionizante, a nível tão baixo quanto razoavelmente exequível.
Redução de volume:	Processo de concentração de rejeitos, com objetivo de minimizar o espaço requerido para armazenamento ou transporte do produto final. Existem vários métodos, de acordo com o tipo de rejeito, para reduzir volume. Por exemplo, para os sólidos: compactação e para os líquidos: evaporação ou incineração.
Rejeito radioativo:	Qualquer material resultante de atividades humanas que contenha radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de isenção, de acordo com norma específica da CNEN - NE 6.02, e para o qual a reutilização é imprópria ou não previsível.
Rejeitos radioativos de baixo e médio níveis de radiação:	Rejeitos contendo predominantemente, radionuclídeos emissores Beta e Gama com meia-vida da ordem de 30 anos, com quantidades de emissores Alfa iguais ou inferiores a $3,7 \times 10^3$ Bq/g, e cujas taxas de calor não ultrapassem a 2kW/m^3 .
Repositório:	Também designado depósito final Instalação destinada ao armazenamento definitivo de rejeitos radioativos.
Segregação:	Separação dos rejeitos, de acordo com suas características físicas, químicas, biológicas e radiológicas, de modo a facilitar a gerência.
Supervisor de radioproteção ou proteção radiológica:	Indivíduo com certificação de qualificação pela CNEN para supervisionar a aplicação das medidas de radioproteção em sua instituição.
Tratamento:	Qualquer operação ou procedimento visando modificar as características originais do rejeito radioativo (por exemplo, redução de volume, mudança da composição, remoção de radionuclídeos, etc.), visando aumentar a segurança e minimizar os custos das etapas posteriores de sua gerência.

Resumo

Fontes e rejeitos radioativos provenientes da indústria, medicina e outras áreas são coletados ou recebidos, e armazenados como rejeitos nos Institutos da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), que também geram, tratam e armazenam seus próprios rejeitos radioativos. O objeto desse trabalho é a apresentação de um projeto de Sistema Integrado de informações para suporte ao COntrole do inventário de Rejeitos Radioativos, denominado SICORR, tendo como escopo os processos referentes ao controle regulatório de rejeitos radioativos, sob a responsabilidade da Divisão de Rejeitos Radioativos (DIREJ), órgão da Coordenação Geral de Licenciamento e Controle (CGLC) da Diretoria de Radioproteção e Segurança (DRS) da CNEN.

O principal objetivo do trabalho foi atingido, uma vez que a modelagem do projeto SICORR considera o controle de inventário dos rejeitos radioativos abrangendo o tratamento e integração de dados cadastrais e de processos dos rejeitos radioativos e dos radionuclídeos e de dados cadastrais das instalações radiativas e dos Institutos CNEN responsáveis pela gerência dos rejeitos radioativos. As funções ou módulos essenciais do SICORR envolvem o tratamento dos dados, integração, padronização e consistência entre os processos.

Os resultados referentes à especificação e à análise do SICORR estão registrados nos documentos, Proposta de Especificação de Software (*PES_w*) e Especificação de Requisitos de Software (*ERS_w*), e estão apresentados textualmente, em diagramas e em interfaces de usuários.

Casos de usos foram utilizados no diagrama de contexto do SICORR. As interfaces do usuário para cada caso de uso foram detalhadas, definindo o layout gráfico, a descrição dos relacionamentos com outras interfaces, as propriedades dos itens da interface e dos comandos e as entradas e saídas do produto. Para os objetos *rejeitos radioativos* e *radionuclídeos*, foram desenhados diagramas de estados. O modelo de processo de negócio foi representado pelo diagrama de atividades. O diagrama de classes representa os objetos do sistema e os relacionamentos estáticos que existem entre eles, sob o ponto de vista da especificação. As classes foram determinadas, principalmente, utilizando os fluxos dos casos de uso.

A principal perspectiva futura é a implantação do software propriamente dito, sendo necessário cumprir as demais etapas do processo de desenvolvimento, não abordadas no presente trabalho, a saber: construção (codificação), testes, instalação e treinamento.

Abstract

Sources and radioactive waste deriving from industry activities, medical practice and other areas are collected, received, and stored as waste on Brazilian Nuclear Energy Commission (CNEN) Institutes, that also generate, treat and store their own radioactive waste.

The object of this project is to present an Integrated Information System named SICORR, having as guidelines, the referred processes to the radioactive waste regulatory control, under the responsibility of the Radioactive Waste Division (DIREJ), the General Coordination of Licensing and Control (CGLC), the Directorate of Safety and Radiation Protection (DRS) and the CNEN.

The main objective of the work was reached, once the project SICORR modeling considers the radioactive waste control inventory, enclosing the treatment and integration of the radioactive waste and the radionuclides data and processes; the installations that produce, use, transport or store radiation sources data; and, CNEN Institutes responsible for the radioactive waste management data. The SICORR functions or essential modules involve the data treatment, integration, standardization and consistency between the processes.

The SICORR specification and the analysis results are registered in documents, Software Specification Proposal (*PES_w*) and Software Requirements Specification (*ERS_w*), and are presented in text, in diagrams and user interfaces.

Use cases have been used in the SICORR context diagram. The user interfaces for each use case have been detailed, defining the graphical layout, the relationships description with other interfaces, the interface details properties and the commands and the product entrances and exits. For objects *radioactive waste* and *radionuclides*, states diagrams have been drawn. The activities diagram represents the business model process. The class diagram represents the static objects and relationships that exist between them, under the specification point of view. The class diagram have been determined, mainly, using the use cases flows.

The main future perspective is the software implantation, being necessary to fulfill the more stages of the development process that not boarded in the present work: construction (codification), tests, installation and training.

Capítulo I - Introdução

I.1. Considerações iniciais

O tema desse trabalho abrange processos referentes aos rejeitos radioativos provenientes de instalações radiativas, e que, segundo IPEN (2003) podem ser classificados como rejeitos institucionais. Estes rejeitos originam-se em laboratórios de análises clínicas, hospitais, indústrias, universidades e instituições de pesquisa, onde a maioria das substâncias radioativas utilizadas é produzida artificialmente, a partir de substâncias não radioativas, em aceleradores de partículas ou, principalmente, em reatores nucleares.

A Divisão de Rejeitos Radioativos (DIREJ), órgão da Coordenação Geral de Licenciamento e Controle (CGLC), da Diretoria de Radioproteção e Segurança (DRS), da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), tem como atribuições principais: avaliação de segurança e fiscalização da construção, operação e descomissionamento seguros de instalações para armazenamento e deposição final de rejeitos radioativos, bem como o controle sobre o transporte de materiais radioativos e gerência de rejeitos radioativos em instalações nucleares e radiativas.

A DIREJ apóia a CGLC na condução das atividades relacionadas à gerência de rejeitos radioativos e ao transporte de materiais radioativos oriundos de instalações do ciclo do combustível nuclear, incluindo os reatores nucleares de potência, indústria de beneficiamento de areias monazíticas, mineração e beneficiamento de minérios convencionais com urânio e tório associados (nióbio, fosfatos, zircônio, etc.) e também participa das atividades de avaliação de segurança de repositórios.

I.2. Justificativa

A motivação para desenvolver o trabalho apresentado nessa dissertação surgiu da necessidade de elaborar uma proposta de sistema integrado de informações para suporte ao controle do inventário de rejeitos radioativos, provenientes de instalações radiativas, objetivando controle regulatório, em apoio às atribuições da DIREJ .

A DIREJ necessita de informações relacionadas ao controle regulatório de rejeitos radioativos, contidas ou não em sistemas informatizados, de maneira integrada, para evitar inconsistências e redundâncias que prejudiquem a eficácia da recuperação, o uso e a análise das informações neles contidas.

Fontes e rejeitos radioativos provenientes da indústria, medicina e outras áreas são coletados ou recebidos, e armazenados como rejeitos nos Institutos da CNEN (CDTN, IEN e

IPEN), que também tratam, armazenam e geram seus próprios rejeitos radioativos, sendo de suma importância para a devida gerência destes, um sistema integrado de informações, que trate de processos relativos ao inventário de rejeitos radioativos, tanto para os órgãos responsáveis pelo controle regulatório e pela gerência da CNEN, quanto para a segurança dos usuários que manipulam esse material e para a sociedade em geral.

I.3. Objetivos

Objetivo principal - Especificar o projeto do Sistema Integrado de informações para suporte ao Controle do inventário de Rejeitos Radioativos, denominado SICORR, visando atender às necessidades do controle regulatório, no que concerne ao controle de inventário dos rejeitos radioativos provenientes de instalações radiativas.

Objetivos específicos:

a) Apresentar uma proposta para suporte ao controle do inventário de radionuclídeos, de maneira integrada, para utilização no escopo da DIREJ.

b) Apresentar uma proposta de projeto de software capaz de prover o armazenamento e tratamento das informações relativas aos:

- Registros das fases da gerência de rejeitos radioativos;
- Registros das etapas de controle;
- Instalações utilizadas nos processos de gerência de rejeitos radioativos;
- Identificação, à procedência e ao destino do rejeito;
- Categorias de classificação dos rejeitos, segundo o estado físico, natureza da radiação, concentração e nível de radiação, conforme Norma CNEN NE-6.05 (1985);
- Segregação de rejeitos, conforme subseção 5.2 da Norma CNEN NE-6.05 (1985);
- Transferências internas e externas;
- Tratamentos aplicados;
- Eliminações realizadas;
- Tipo, composição e conteúdo de radionuclídeos do produto que, segundo a Norma CNEN NN-6.09 (2002), “devem ser conhecidos e documentados com suficiente precisão para apresentar evidência de sua conformidade com os limites autorizados”;
- Embalagens e seus processos correspondentes, assegurando à correspondência do embalado com os documentos que contenham as informações sobre o produto (Norma CNEN NN-6.09 (2002));

- Embalados, registros de suas características físicas, químicas, radiológicas, mecânicas, procedência e as demais informações conforme item 5.4.2 da Norma CNEN NN-6.09 (2002);
- Controle de variações do inventário de radionuclídeos, conforme Anexo C da Norma CNEN NE-6.05 (1985).
- Informações adicionais.

I.4. Organização do Trabalho

A presente dissertação está estruturada em sete capítulos, e, mais a Bibliografia e os Anexos. O Capítulo I introduz o leitor ao tema do trabalho, apresentando as considerações iniciais, a justificativa e os objetivos do trabalho. O Capítulo II trata da revisão do cenário atual, abordando informações sobre os Institutos da CNEN. O Capítulo III aborda a revisão literária sobre aspectos de legislação, controle regulatório e gerência de rejeitos radioativos. O Capítulo IV descreve a metodologia aplicada na elaboração do trabalho, abrangendo conceitos de sistemas de informática e características de uma metodologia de desenvolvimento de software. No Capítulo V, expõe a descrição textual dos processos do SICORR e os resultados do trabalho são apresentados no formato gráfico para melhor compreensão do leitor. O Capítulo VI apresenta as conclusões do trabalho e são abordadas as considerações finais do tema, suas limitações, e, destacando o benefício a ser alcançado com a implementação do sistema especificado. Na finalização do capítulo são apresentadas recomendações para desenvolvimento futuro desse trabalho.

A Bibliografia apresenta todas as referências bibliográficas, de pesquisa, de consulta e de aplicação na especificação do SICORR. Nos Anexos, são apresentados os documentos do processo de desenvolvimento (PRAXIS) aplicados no projeto do SICORR, e que detalham a especificação e a análise do referido sistema; e, uma mídia CD-ROM com os arquivos fontes resultantes do trabalho.

Capítulo II - Revisão do cenário atual

De acordo com a Lei nº 7.781, de 27 de junho de 1989, no Brasil, compete a CNEN, receber e depositar rejeitos radioativos (Artigo 2º, inciso VI) e expedir regulamentos e normas de segurança e proteção relativa ao tratamento e à eliminação de rejeitos radioativos (Artigo 2º, inciso X, alínea (d)).

Os rejeitos nucleares são originados em unidades do ciclo do combustível nuclear, os rejeitos denominados radioativos são originados em instalações que usam materiais radioativos, como clínicas, hospitais, indústrias, universidades, centros de pesquisa, dentre outros, sendo este último, o objeto de estudo desse trabalho.

No Brasil, a operacionalização e a responsabilidade pela gerência dos rejeitos radioativos de atividade baixa ou média provenientes de instalações radiativas são dos Institutos da CNEN, onde estão armazenados em depósitos, rejeitos gerados nos próprios Institutos e aqueles recolhidos de outras instituições, até que possam ser transferidos para deposição final.

Os referidos Institutos da CNEN, onde estão armazenados rejeitos:

- *“No Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), em São Paulo, estão cerca de 1.200 tambores com volume de 250m³ e atividade estimada de 220 TBq.*
- *No Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN), em Belo Horizonte, estão cerca de 150 tambores com volume de 30m³ e atividade estimada de 100 TBq.*
- *No Instituto de Engenharia Nuclear (IEN), no Rio de Janeiro, estão cerca de 35 tambores com volume de 7m³.”*
(IPEN, <www.ipen.br>, acesso em 20 mar 2003)

O CDTN recebe medidores nucleares, pára-raios, detectores de fumaça e fontes seladas fora de uso de instituições que utilizam radioisótopos, como indústrias, hospitais e universidades. Segundo SILVA, Eliane (2001), as atividades de gerência de rejeitos radioativos são definidas baseadas na Norma CNEN NE-6.05 (1985), na classificação de rejeitos e na definição da infra-estrutura. O setor responsável pelos rejeitos radioativos no CDTN é o Serviço de Gerência de Rejeitos.

SILVA, Eliane (2001) relata que o Programa de Gerência e Rejeitos Radioativos do CDTN (PGRR/CDTN) foi estabelecido em 1984, visando sistematizar as etapas de segregação, coleta, transporte, classificação, tratamento e armazenamento dos rejeitos, tendo como princípio: *“a geração de rejeito deve ser evitada e/ou minimizada; os rejeitos devem ser segregados e caracterizados na origem, tratados, condicionados e mantidos sob controle.”*

Segundo SILVA, Eliane (2001), os rejeitos são armazenados para tratamento, condicionamento ou decaimento em galpões e salas exclusivas com acesso restrito. No galpão de rejeitos líquidos estão armazenados rejeitos líquidos, lamas e rejeitos em decaimento; no galpão de compactação, os rejeitos compactáveis e de corte e no galpão de armazenamento provisório, os rejeitos sólidos a serem imobilizados, pára-raios, detectores de fumaça e fontes seladas fora de uso, totalizando, em dez 2000, mais de 3.000 fontes, sendo os radionuclídeos mais comuns são: ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{241}Am e ^{226}Ra .

Laboratórios de tratamento e testes do CDTN utilizados nos processos de gerência de rejeitos radioativos:

- *“Laboratório de tratamento químico, onde os rejeitos são submetidos a tratamento químico para redução de volume;*
 - *Laboratório de testes de embalagens industriais, dos tipos A e B e de cápsulas seladas;*
 - *Laboratório de tratamento de pára-raios para minimização do volume a ser armazenado;*
 - *Laboratório de Betumização, que trata os processos da incorporação de rejeitos em betume;*
 - *Laboratório de Cimentação, que executa processos na área de solidificação de rejeitos radioativos e perigosos;*
 - *Laboratório de desmonte de fontes seladas, provida de uma célula blindada que permite verificar a atividade atual da fonte e sua possível reutilização.”*
- (CDTN, <www.cdtm.br>, 2003 e CDTNuclear, jul/ago de 2004)

No IPEN, segundo PRADO FILHO (2003), também são recebidos rejeitos gerados pela instituição e pelas organizações hospitalares, indústrias e universidades, sendo submetidos aos devidos processos de tratamento. No IPEN (2003), são oferecidos serviços de gestão de rejeitos (caracterização, tratamento e armazenamento dos rejeitos), elaboração de planos de gestão dos rejeitos da instalação e treinamento de pessoal, aos usuários de materiais radioativos das áreas industrial, médica e de pesquisa. O setor responsável pelos rejeitos radioativos no IPEN é a Diretoria de Segurança Radiológica.

MIRANDA (2004) relata que o pára-raios radioativo está sendo substituído por pára-raios convencional, após a publicação da Resolução CNEN nº 4/89, que suspendeu a autorização para a fabricação e instalação deste tipo de captor, por não ser justificado o uso de fontes radioativas, uma vez que comprovou, por estudos, que não há superioridade no desempenho do radioativo em relação ao convencional. E segundo dados de MIRANDA (2004), no Brasil, no período entre 1970 e 1989, foram fabricados 75.000 pára-raios, com atividade média unitária da ordem de 100 MBq, instalados em todas as regiões do país e que até meados de 1998, haviam sido recolhidos ao IPEN cerca de 8.000 peças.

No IEN, é responsabilidade da Divisão de Segurança e Radioproteção (DISR) o recolhimento, reprocessamento e guarda de rejeitos radioativos produzidos no IEN e em todas

as instalações radiativas dos Estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo. De acordo com IEN (2004), a DISR presta ainda serviços de monitoração de áreas e ambientes, calibração de equipamentos, descontaminações e atendimento a emergências radiológicas, além de atender a solicitações externas de consultoria técnica em assuntos de radioproteção, gerência de rejeitos, medidas de radônio e dosimetria termoluminescente.

Dentre os requisitos determinados pela Instrução Normativa - IN CNEN 0001 (1994), as instalações radiativas da CNEN devem possuir um Programa de Gerência de Rejeitos Radioativos (PGR) que deve estabelecer diretrizes e procedimentos, tais como:

- *Caracterização dos projetos e dos meios a serem empregados para manter, dentro dos limites estabelecidos em normas da CNEN, os níveis de materiais radioativos nos efluentes liberados em áreas não controladas;*
 - *As estimativas das atividades dos radionuclídeos que se espera sejam liberados anualmente, em áreas não controladas, nos efluentes líquidos produzidos em operação normal;*
 - *A estimativa de atividade de gases, aerossóis e poeiras radioativas que se espera sejam liberadas anualmente em áreas não controladas, em efluentes gasosos produzidos em operação normal;*
 - *Descrição das providências relativas a embalagens, armazenamento e transporte para fora do local, de rejeitos radioativos.”*
- (CNEN, Instrução Normativa, IN-CNEN 0001, dez 1994, p.9)*

Os principais sistemas de software e banco de dados em operação nos Institutos da CNEN são locais sem integração entre eles e os utilizados na DIREJ são: SINRAD/SIR: cadastro de instalações radiativas, responsáveis e certificados; Inventário; local da DIREJ de fontes recolhidas e NEWMBD/IAEA (Net Enabled Waste Management Database) informações gerais sobre instalações e rejeitos. Essas informações foram levantadas em entrevistas com usuários da área e publicações internas dos Institutos da CNEN.

A consolidação das informações, pela DIREJ, sobre instalações radiativas, gerência de rejeitos radioativos e controle do inventário de radionuclídeos, é dificultada pela descentralização das informações, pelos diferentes formatos dos dados e falta de integração dos referidos sistemas de software.

A principal proposta do sistema de software em estudo é oferecer interfaces com outros softwares, possibilitando a integração das bases de dados, pela importação de dados do Sistema de Instalações Radiativas (SIR), pela importação de dados dos diversos sistemas dos Institutos da CNEN gestores de rejeitos radioativos, além de agregar outras funcionalidades integradas aos processos de gerência e controle de rejeitos radioativos e radionuclídeos.

Os modos de operação propostos na especificação dos requisitos do SICORR favorecem essa integração de informações provenientes de fontes de dados diversas e atende também aspectos de segurança de dados, a saber:

- Interativa (Modo de gestão): Modo de operação do SICORR, no qual o sistema está disponível para a Gestão das instalações radiativas, Gestão dos rejeitos radioativos, Gestão dos Institutos CNEN, Gestão do controle regulatório, Gestão dos dados de apoio, Emissão de relatórios padronizados e Emissão de relatórios por pesquisa;
- Em lote (Modo de atualização): Modo de operação programada do SICORR, no qual o sistema está dedicado à realização de atualização de sua base de dados. Modo a ser definido na fase de construção do sistema;
- Automática (Modo de backup): Modo de operação programada do SICORR, no qual o sistema está dedicado à realização de funções de backup e de recuperação de sua base de dados. Modo a ser definido na fase de construção do sistema.

O presente trabalho foi estruturado para possibilitar a recuperação e armazenamento das informações referentes aos processos do inventário de rejeitos radioativos, objetivando eliminar ou reduzir problemas descritos a seguir, levantados no contexto atual, de acordo com a arquitetura atual dos sistemas de software em operação:

- Redundâncias de informações: Os dados, que eventualmente são comuns a mais de um sistema, podem ser compartilhados por eles, permitindo o acesso a uma única informação sendo consultada por vários sistemas.
- Inconsistências: O armazenamento da informação em um único local, sendo compartilhada a vários sistemas, os usuários estarão utilizando uma informação confiável. A inconsistência ocorre quando um mesmo campo tem valores e formatos diferentes em sistemas diferentes.
- Falta de compartilhamento de dados: Permitir a utilização simultânea e segura de uma informação, por mais de uma aplicação ou usuário, independente da operação que esteja sendo realizada. Deve ser bem planejado o processo de atualização concorrente, para não gerar erros de processamento.
- Restrições de segurança: Definir para cada usuário o nível de permissão e acesso das funcionalidades do sistema. Este recurso impede que pessoas não autorizadas utilizem ou atualizem informações.
- Falta de padronização dos formatos dos dados: Permitir que as informações armazenadas na base de dados sejam padronizadas segundo um determinado formato de armazenamento e ao nome de variáveis seguindo critérios padrões pré-estabelecido.

- Falta de integridade das informações: Definir que as informações armazenadas na base de dados possuam valores coerentes ao objetivo do campo, não permitindo que valores absurdos sejam cadastrados.
- Falta de rastreabilidade de informações: Permitir a capacidade de recuperar o histórico, a aplicação ou a localização de um item ou de uma atividade (ou itens ou atividades semelhantes) por meio de informações devidamente registradas.

As informações coletadas nesse trabalho foram validadas por usuários potenciais da DIREJ, que revisaram os documentos resultantes do trabalho de especificação dos requisitos de software, que estão em anexo, *Proposta de Especificação de Software (PESw)* e *Especificação de Requisitos de Software (ERSw)*.

Capítulo III - Revisão da Bibliografia

O uso de fontes radioativas, em todo mundo, cresce a cada dia, com vários propósitos pacíficos na indústria, na medicina, na agricultura, na pesquisa e na educação. Segundo CARDOSO (2003a) e CNEN (2003a) são exemplos de aplicações das radiações:

- Aplicações médicas: A radiação é utilizada na medicina em diagnóstico (radiodiagnóstico) e em tratamento (radioterapia). Os radiofármacos, moléculas orgânicas marcadas por radioisótopos, são cada vez mais utilizados com a finalidade de diagnóstico, terapia e pesquisa em procedimentos médicos, especialmente em medicina nuclear e oncologia e possuem diversas aplicações: diagnóstico e acompanhamento terapêutico no combate ao câncer; avaliações neurológicas e cardiológicas; análise de disfunções cérebro-vasculares e estudo do metabolismo cerebral nas doenças de Parkinson, Alzheimer e Tourettes. Os benefícios que os pacientes usufruem no uso de radiofármacos, são, principalmente, diagnóstico precoce do câncer e de doenças cardíacas e neurológicas e tratamento menos invasivo e mais eficaz de tumores.
- Aplicações nas áreas de pesquisa e ensino: O uso de material radioativo em pesquisa genética, elaboração de novas drogas, monitoração da dispersão de pesticida no meio ambiente, datação de objetos antigos, etc.
- Aplicações na indústria: A radioatividade é utilizada na verificação de falhas em soldas (gamagrafia), esterilização de instrumentos médicos e cirúrgicos, traçadores de precisão, medidores de nível, umidade e densidade, preservação de alimentos, etc.

Devido ao crescimento das aplicações de materiais radioativos, a preocupação com os controles referentes à segurança no uso, na guarda e na deposição desses materiais também aumentou, em âmbito mundial, acentuando ainda mais após o atentado terrorista de 11 de setembro de 2001 nos EUA, principalmente sobre a questão de extravio intencional ou acidental de fontes seladas, que podem resultar em efeitos nocivos à saúde e perdas materiais significativas. Para VICENTE (2002), as fontes seladas geralmente são objetos pequenos e reluzentes, *“podendo ser facilmente confundidos com peças de maquinaria, que podem representar um grande risco para pessoas desinformadas sobre a natureza e a intensidade do perigo que carregam”*.

De acordo com GAO (2003), o extravio intencional de fontes seladas pode resultar na produção de *bombas sujas*, e, o aspecto mais importante da fonte órfã é que o alvo principal

de exposição é o indivíduo público. O Relatório GAO (2003) apresenta dados de uma pesquisa em todo território norte-americano com o objetivo de detectar possíveis falhas no sistema de segurança no controle das fontes seladas, de acordo com os seguintes parâmetros: número de fontes seladas existentes nos EUA; número de fontes seladas perdidas, roubadas e abandonadas e controles efetivos nos âmbitos federal e estadual de fontes seladas.

A conclusão do Relatório GAO (2003) aborda que, o número de fontes seladas nos EUA é desconhecido, pois os dados são registrados em número de licenças - aproximadamente 2 milhões, a imprecisão ocorre pela falta de informações sobre as licenças gerais, uma vez que a U.S. Nuclear Regulatory Commission (NRC) regulamenta apenas 20% das instituições que retém licença específica, pois a maioria, 80%, são regulamentadas pelos órgãos específicos nos estados da federação. Além de existirem várias fontes de informações sobre os usuários autorizados, localização, quantificação e movimentação (compra, transferência, deposição) de fontes seladas, em sistemas de *software* independentes e não integrados. O Relatório GAO (2003) também acrescenta, que os referidos sistemas de *software* não registram o número real de fontes seladas por cada licença específica e nem acompanha a movimentação das fontes seladas relacionadas por licença específica.

O Relatório GAO (2003) descreve os dois tipos de licenças associadas com o uso de materiais radioativos nos EUA:

- Licença geral: licencia dispositivos que contém fonte selada protegida com blindagem, utilizados em escala comercial, tais como medidores, letreiros luminosos indicativos de saída, fontes de referência ou testes. O operador desses dispositivos não necessita de treinamento especializado ou experiência e nem de autorização da NRC para aquisição.
- Licença específica: abrange a utilização de câmaras de radiografia industrial, de dispositivos médicos para tratamento de câncer e de instalações de irradiadores gama. Esta licença requer autorização para posse e uso de material radioativo, da NRC, do DOE (Department of Energy) e de outros órgãos específicos e nas áreas de transporte, alimentos, proteção do meio ambiente, etc.

LUBENAU (2004) apresenta os números, “*existem nos EUA, aproximadamente 135.000 licenças gerais e 20.000 licenças específicas [...] existem mais de 500.000 dispositivos contendo fontes radioativas que não são mais utilizados...*”.

De acordo com a NRC, os números apresentados pelo Relatório GAO (2003) são: “...existem 20.000 licenças específicas nos EUA [...] aproximadamente 40.000 licenças gerais para cerca de 600.000 dispositivos...”

LUBENAU (2002) apresenta outros números:

“...IAEA registrou os 136 maiores acidentes envolvendo radiação, ocorridos no mundo, entre 1945 a 1999. Desses, 21, se referem a reatores e acidentes de criticalidade. A maioria, 89, se referem a fontes radioativas. O restante, 23, se refere a equipamento produtores de radiação e 3 não foram identificados [...] nos EUA, em média, a cada ano 375 fontes radioativas ou equipamentos são registradas no U.S. Nuclear Regulatory Commission (U.S. NRC) como perdidas ou roubadas [...] desde 1986, 60% das fontes perdidas ou roubadas não foram recuperadas.”(LUBENAU, 2002, p.155-156)

De acordo com DAYAL (2002), o inventário total mundial de fontes seladas é estimado em meio bilhão. A maioria das fontes é de baixa atividade e/ou meia vida curta, mas existem fontes de alta atividade, como por exemplo, as de Rádio, que eram usadas em aplicações médicas, apresentando um grande problema devido a sua meia vida longa e sua alta toxicidade.

Por causa da variedade de usos e características das fontes radioativas, se faz necessária aplicação de um sistema de categorização com controles proporcionais aos riscos radiológicos inerentes das fontes. O documento técnico IAEA - TECDOC-1344 (2003a) fornece um *ranking* de fontes e práticas radioativas classificadas em cinco categorias, particularmente utilizadas na indústria, medicina, agricultura, pesquisa e ensino.

Infelizmente, os conceitos dessa publicação não podem ser utilizados nesse trabalho, pois estão excluídos do escopo dessa publicação: dispositivos geradores de radiação como máquinas de raios X; material nuclear e em casos que outros fatores relevantes devem ser considerados, como a gerência e deposição para fontes radioativas fora de uso, que devem ser considerados atividade específica, propriedades químicas e meia vida dos radionuclídeos.

Os riscos relacionados às fontes radioativas dependem de fatores como o radionuclídeo, a natureza física e química e o nível de radiação; no caso de fontes seladas, o risco potencial é a exposição externa e no caso de fonte aberta, é a contaminação do ambiente, de pessoas e da incorporação de materiais radioativos no corpo humano, segundo o documento técnico IAEA - TECDOC-1344 (2003a). Até 1950, somente radionuclídeos de origem natural, particularmente ^{226}Ra eram disponíveis para as diversas aplicações, porém desde então, radionuclídeos produzidos artificialmente em instalações nucleares e aceleradores têm sido amplamente disponibilizados, tais como: ^{60}Co , ^{90}Sr , ^{137}Cs e ^{192}Ir , que devem ser utilizados restritivamente em aplicações com rigoroso controle de segurança.

Segundo levantamento apresentado por VICENTE (2002), os bancos de dados de fontes seladas existentes no Brasil indicam a existência de 400.000 fontes seladas, totalizando uma atividade da ordem de $3,4 \times 10^{16}$ Bq, uma parte das quais recolhida como rejeito radioativo. Nesse total, estão incluídas “...200.000 varetas de ^{60}Co de um irradiador de grande porte, as fontes de 78.000 pára-raios com ^{241}Am e 35.000 centelhadores contendo trítio”.

TABELA 1 - Inventário de fontes seladas no Brasil (VICENTE, 2002, p.2)

Grupo de fontes	Nº fontes	Atividade total (Bq)
^{60}Co	202.306	$3,34 \times 10^{16}$
^{85}Kr	440	$4,93 \times 10^{12}$
^{90}Sr	846	$1,82 \times 10^{12}$
^{137}Cs	6.153	$3,27 \times 10^{14}$
^{226}Ra	4.095	$1,29 \times 10^{12}$
^{241}Am	172.636	$1,35 \times 10^{13}$
$^{241}\text{Am-Be}$	319	$4,16 \times 10^{13}$
^3H , ^{55}Fe , ^{133}Ba	35.520	$1,03 \times 10^{12}$
^{147}Pm , ^{244}Cm , ^{252}Cf	241	$9,24 \times 10^{12}$
^{63}Ni , $^{226}\text{Ra-Be}$, ^{238}Pu , $^{238}\text{Pu-Be}$	311	$2,91 \times 10^{12}$
TOTAIS	422.867	$3,38 \times 10^{16}$

Segundo VICENTE (2002), há cerca de 6.000 fontes de uso industrial ou médico e 10.000 fontes de pára-raios desativados, em armazenamento temporário nos Institutos da CNEN (CDTN, IEN e IPEN) e 8.000 fontes em uso, no Brasil, em aplicações industriais, médicas e de pesquisa. Em 2004, VICENTE et al (2004), relata que cerca de 40.000 fontes seladas estão armazenadas nos depósitos dos Institutos da CNEN (CDTN, IEN e IPEN), com crescimento anual de 3.000 unidades.

Para estimar o número de fontes seladas no Brasil apresentado em VICENTE et al (2004), duas principais fontes de dados foram consultadas: o banco de dados nacional de usuários de material radioativo licenciados, que fornece informações sobre fontes seladas baseadas em licenças; e, em registros de rejeitos dos Institutos da CNEN (CDTN, IEN e IPEN) que forneceu dados de fontes armazenadas como rejeito radioativo. Outras fontes de pesquisa complementares foram utilizadas, incluindo relatório da CNEN de 1992 e o banco de dados da IAEA.

O número estimado de fontes seladas que requererá depósito como rejeito radioativo em um futuro próximo é cerca de 270.000, segundo VICENTE et al (2004), de acordo com a Tabela 2, apresentação por aplicação e a Tabela 3 por radionuclídeo, atentando para as seguintes considerações:

“Somente fontes com meia vida maior que anos foram incluídas; o inventário é dinâmico e reflete a data de compilação dos dados. Como as diferentes fontes de dados consultadas

possuem diferentes datas de referência, os resultados podem apresentar inexatidão [...] utilizando uma definição mais abrangente para fonte selada, as fontes de ^{241}Am de pára-raios e detectores de fumaça foram consideradas como fontes seladas. O relatório de pára-raios radioativos indica que os fabricantes venderam e instalaram 75.000 pára-raios entre 1970 e 1986; detectores de fumaça são produtos de consumo isentos. Porém, fabricantes e comerciantes estão enviando detectores que foram substituídos como rejeito radioativo. O número de detectores de fumaça instalados com ^{241}Am é desconhecido, apenas fontes existentes nos registros dos fabricantes e aquelas já recolhidas como rejeitos, foram incluídas; a quantidade de pára-raios radioativo e de fonte de rádio importados antes de 1970 é incerta, representam um pequeno percentual do total, mas somente aqueles já recolhidos foram incluídos no inventário; centenas de milhares de fontes de ^{60}Co instaladas em irradiador de grande porte, não foram incluídas no inventário, pois os usuários devolvem as fontes para os fornecedores para reciclagem [...] Existem cerca de 2.000 fontes recolhidas como rejeito sem identificação do radionuclídeo ou atividade. De acordo com a característica mais comum entre as fontes, foi adotada uma atividade média de 0,1 GBq e volume bruto de 0.0074 dm^3 por fonte.” (VICENTE et al, 2004)

TABELA 2 - Inventário estimado de fontes seladas no Brasil (VICENTE et al, 2004, p.499)

Classe de fonte	Quantidade
Agulhas ^{226}Ra coletadas como rejeito	2.535
Medidores industriais coletados como rejeito	5.808
Fontes de ^{241}Am em pára-raios coletados como rejeito	39.478
Fontes de ^{241}Am em detectores de fumaça coletadas como rejeito	13.548
Fontes de ^{226}Ra em pára-raios coletados como rejeito	440
Fontes diversas por licença	9.182
Fontes de ^{241}Am em pára-raios aguardando substituição	116.522
Fontes de ^{241}Am em detectores de fumaça nos fabricantes	86.000
TOTAIS	273.513

TABELA 3 - Número, atividade e volume estimados (VICENTE et al, 2004, p.499)

Radionuclídeos	Nº fontes	Atividade total (Bq)	Volume bruto (dm^3)*
^{60}Co	2.611	$2,60 \times 10^{16}$	3,0
^{85}Kr	440	$4,93 \times 10^{12}$	42,0
^{90}Sr	846	$1,82 \times 10^{12}$	4,0
^{137}Cs	6.153	$3,27 \times 10^{14}$	13,0
^{226}Ra	4.535	$1,29 \times 10^{12}$	0,92
^{241}Am	255.548	$1,35 \times 10^{13}$	130,0
$^{241}\text{Am-Be}$	319	$4,16 \times 10^{13}$	35,0
Outros SL**	419	$1,03 \times 10^{13}$	10,0
Outros LL***	311	$2,45 \times 10^{12}$	3,5
Desconhecido****	2.331	$2,33 \times 10^{10}$	17,0
TOTAIS	273.513	$2,64 \times 10^{16}$	257,0

*Volume das fontes sem blindagem.**SL (Short-Lived) Meia vida curta menor ou igual 30 anos, principalmente, ^{55}Fe , ^{147}Pm , ^{244}Cm e ^{252}Cf . ***LL (Long-Lived) Meia vida longa, principalmente, ^{63}Ni , $^{226}\text{Ra-Be}$, ^{238}Pu e $^{238}\text{Pu-Be}$. ****Atividade individual por fonte: 0,1 Gbq e Volume: $0,0074 \text{ dm}^3$.

Para minimizar o risco de acidentes, salvaguardar as futuras gerações e evitar encargos devidos à manutenção, a deposição dos rejeitos radioativos é uma alternativa que precisa ser implementada, analisa VICENTE (2002). Atualmente, no Brasil, está em evidência estudos sobre a construção de um repositório que a Lei nº 10.308, de 20 de novembro de 2001, que

dentre outras disposições, regulamenta o estudo para a construção do depósito final de rejeitos do Brasil.

Com o aumento do uso de fontes radioativas em variadas aplicações, rejeitos radioativos são gerados em quase todos os países do mundo, tornando evidente o risco potencial para a saúde humana e para o meio ambiente. Por isso, normas nacionais e internacionais de proteção radiológica e gerência de rejeitos radioativos têm sido freqüentemente aperfeiçoadas, ressaltando o importante papel da IAEA no fornecimento de assistência técnica em projetos e treinamentos, conforme DAYAL (2002).

III.1. Legislação

A CNEN, autarquia federal, criada pela Lei 4.118, de 27 de agosto de 1962, vinculada ao Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), tem suas funções descritas no Artigo 1º do Decreto nº 4.696, de 12 de maio de 2003, de acordo com as atribuições a que referem as leis, nº 6.189, de 16 de dezembro de 1974 e a nº 7.781, de 27 de junho de 1989, a saber:

- Colaborar na formulação da Política Nacional de Energia Nuclear;
- Executar as ações de pesquisa, desenvolvimento e promoção da utilização da energia nuclear para fins pacíficos;
- Regulamentar, licenciar, autorizar, controlar e fiscalizar essa utilização.

Em referência a rejeitos radioativos, segundo a Lei nº 7.781, de 27 de junho de 1989, compete a CNEN, receber e depositar rejeitos radioativos (Artigo 2º, inciso VI) e expedir regulamentos e normas de segurança e proteção relativa ao tratamento e à eliminação de rejeitos radioativos (Artigo 2º, inciso X, alínea (d)). Segundo CNEN (2004), *“o controle do material nuclear existente no País é de responsabilidade da CNEN, a fim de garantir seu uso somente para fins pacíficos, sendo que o transporte, o tratamento e o armazenamento de rejeitos radioativos são regulamentados por normas técnicas e procedimentos de controle”*.

A Lei nº 10.308, de 20 de novembro de 2001, estabelece normas para o destino final dos rejeitos radioativos produzidos em território nacional, incluídos a seleção de locais, a construção, o licenciamento, a operação, a fiscalização, os custos a indenização, a responsabilidade civil e as garantias referentes aos depósitos radioativos.

De acordo informações provenientes do *website* da CNEN (2004), a CNEN é um *“órgão superior de planejamento, orientação, supervisão e fiscalização, estabelece normas e regulamentos em radioproteção e licencia, fiscaliza e controla a atividade nuclear no Brasil”*.

As normas da CNEN da área de rejeitos radioativos são:

- NE-6.05 - Gerência de rejeitos radioativos em instalações radiativas;
- NE-6.06 - Seleção e escolha de locais para depósitos de rejeitos radioativos;
- NN-6.09 - Critérios de aceitação para deposição de rejeitos radioativos de baixo e médio níveis de radiação.

Segundo a Norma CNEN NE-6.05 (1985), rejeito radioativo é definido como: *“Qualquer material resultante de atividades humanas que contenha radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de isenção especificados na norma CNEN NE-6.02, e para o qual a reutilização é imprópria ou não prevista”*.

Os rejeitos radioativos precisam passar por várias etapas de processamento, para não causar danos ao homem e ao meio ambiente, da mesma forma que qualquer resíduo convencional, CNEN (2003). A estas etapas dá-se o nome de *Gerência de Rejeitos Radioativos* que, segundo a norma CNEN NE-6.05 (1985), é um *“conjunto de atividades técnicas e administrativas envolvidas na coleta, segregação, manuseio, tratamento, acondicionamento, transporte, armazenamento, controle e deposição de rejeitos radioativos.”*

A norma CNEN NE-6.05 (1985) que tem por objetivo *“... estabelecer critérios gerais e requisitos básicos relativos à Gerência de Rejeitos Radioativos”* determina que, as atividades de gerência de rejeitos devem ser consideradas e planejadas nos estágios iniciais de qualquer projeto que envolva o uso de materiais radioativos. E, sempre cumprindo um de seus princípios básicos, que é manter a geração de rejeitos radioativos a níveis mínimos praticáveis em termos de atividade e volume, para, além de minimizar os efeitos danosos da radiação, reduzir custos que possam advir de sua geração.

III.2. Gerência em rejeitos radioativos

Os Institutos da CNEN (CDTN, IEN e IPEN) são instalações que utilizam, produzem, recebem, tratam, gerenciam e depositam rejeitos radioativos, cumprindo os requisitos da Norma CNEN NE-6.05 (1985) referentes às etapas da gerência de rejeitos radioativos, que abrangem requisitos de segurança e proteção aos trabalhadores, aos indivíduos do público e ao meio ambiente, desde a coleta dos rejeitos até a destinação final. Essas etapas são descritas a seguir:

III.2.1. Coleta

Etapla realizada pelo responsável e no local da geração do rejeito. Abrange as ações de segregação, caracterizando-os de acordo com suas características físicas, químicas e

radiológicas (meia vida e atividade), e de acondicionamento para encaminhá-los ao tratamento e/ou transporte e/ou armazenamento. Segundo IPEN (2003):

“A caracterização de um rejeito radioativo é a produção da documentação com as informações sobre as características físicas, químicas e radiológicas deste rejeito que são relevantes para sua gestão, informações estas obtidas por simples compilação dos dados já existentes ou, principalmente, por meio da realização de ensaios padronizados. A caracterização é necessária principalmente no início do tratamento, quando as características do rejeito primário, na forma como foi gerado, determinam os processos que devem ser utilizados no tratamento, e no fim do tratamento, quando é preciso certificar que o rejeito tratado apresenta os requisitos mínimos de desempenho para ser aceito em um repositório de disposição final.” (IPEN, Gestão de rejeitos radioativos, 2003)

III.2.2. Segregação

A segregação facilita e permite o tratamento posterior, constituindo-se na separação física de cada tipo de rejeito de acordo com a natureza física, a química e a radiológica dos materiais presentes no rejeito e dos pré-requisitos de tratamento pertinentes à instituição. Além disso, segundo a Norma CNEN NE-6.05 (1985), a segregação deve ser feita no mesmo local em que os rejeitos foram produzidos.

Os rejeitos são caracterizados pelos seguintes parâmetros:

a) Estado físico dos rejeitos:

- Sólidos: considera-se o tipo de tratamento que podem sofrer, subdividindo-os em compactáveis ou não compactáveis, incineráveis ou não incineráveis, putrescível ou patogênico, biológicos, fontes seladas, sólidos úmidos, etc.
- Líquidos: considera-se a natureza química, subdividindo-os em orgânicos ou inorgânicos, ácidos ou alcalinos, inflamáveis ou não inflamáveis, etc.
- Gasosos: considera-se a constituição, subdividindo-os em gases ou aerossóis.

b) Natureza radiológica dos rejeitos:

- Tipo de radiação que emitem: emissores beta/gama, emissores alfa. Os emissores alfa são quase sempre mais radiotóxicos que os emissores beta/gama.
- Atividade: baixa, média ou alta.
- Em função da meia-vida do radionuclídeo: curta, intermediária e longa.

c) Outras características: explosividade, combustibilidade, inflamabilidade, piroforicidade, corrosividade e toxicidade química.

III.2.3. Acondicionamento e Identificação

Segundo subseção 5.3 da Norma CNEN NE-6.05 (1985), “*os recipientes para segregação, coleta ou armazenamento provisório devem ser adequados às características físicas, químicas, biológicas e radiológicas dos rejeitos para os quais são destinados*”.

Os recipientes devem ter suas condições de integridade asseguradas, possuir vedação adequada e ter seu conteúdo identificado conforme Anexo A da referida Norma e não devem apresentar contaminação superficial externa em níveis superiores aos limites estabelecidos no Anexo B da referida Norma.

De acordo com o item 5.2.2 da Norma CNEN NE-6.05 (1985), “*após a segregação e acondicionamento em recipientes adequados, conforme subseção 5.3, os rejeitos devem ser identificados conforme o Anexo A e classificados de acordo com as categorias da Seção 4. Os rejeitos eliminados devem ser registrados conforme formulário próprio, Anexo C.*”

As embalagens e seus processos correspondentes devem ser identificados, assegurando à correspondência do embalado com os documentos que contenham as informações sobre o produto de acordo com Norma CNEN NN-6.09 (2002); e, os embalados devem ter registros de suas características físicas, químicas, radiológicas, mecânicas, procedência e as demais informações conforme item 5.4.2 da Norma CNEN NN-6.09 (2002).

III.2.4. Classificação

As classificações realizadas nos rejeitos dependem dos parâmetros descritos na Seção 4, da Norma CNEN NE-6.05 (1985), a saber, estado físico, natureza da radiação, concentração e nível de radiação para classificar os rejeitos em categorias.

As classificações de rejeitos radioativos utilizadas pelas instituições responsáveis por gerência de rejeitos radioativos, de diversos países, possuem parâmetros em comum, tais como: origem do rejeito, radionuclídeos presentes no rejeito, emissores e meia vida do radionuclídeo, atividade e características físicas e químicas do rejeito. A seguir, são apresentadas classificações adotadas por algumas instituições responsáveis pela gerência de rejeitos radioativos nos seus respectivos países:

a) NRC (2003): A NRC (U.S. Nuclear Regulatory Commission) agência que regulamenta, nos EUA, o uso civil de materiais radioativos e nucleares:

- Rejeito de baixa atividade (Low-Level Waste (LLW)) - proveniente de instalações nucleares e uso de radioisótopos na medicina e indústria. Segundo MURRAY (2003), existem várias categorias de rejeitos de baixa atividade. Os limites entre as classes de rejeitos dependem da meia-vida do radioisótopo e atividade específica.

- Rejeito de alta atividade (High-Level Waste (HLW)) - elemento combustível nuclear irradiado ou queimado.
- Minério processado de Urânio - resíduos remanescentes do processamento do minério natural para extração de urânio e tório.

b) NAGRA (2004): Nationale Genossenschaft für die Lagerung Radioaktiver Abfälle (NAGRA), cooperativa para estudos de deposição de rejeito radioativo na Suíça. As três categorias descritas abaixo são aplicadas para as instalações nucleares e para os rejeitos provenientes da medicina, pesquisa e indústria que são classificados predominantemente como rejeito de baixa e média atividade (L/ILW) e pequena fração como rejeito de média atividade e meia vida longa (TRU).

- Rejeito de alta atividade (HLW);
- Rejeito de média atividade e meia vida longa (TRU);
- Rejeito de baixa e média atividade (L/ILW).

c) ANDRA (2004): Agence Nationale pour la Gestion des Déchets Radioactifs (ANDRA), agência da França responsável pela gestão de rejeitos radioativos. Os rejeitos são classificados baseados em dois critérios: a intensidade da radioatividade (atividade), que determina os níveis de proteção requeridos para gerência de rejeitos efetiva: rejeito de alta atividade (HLW - Bilhão Bq/g), rejeito média atividade (ILW - Milhão Bq/g), rejeito de baixa atividade (LLW - ~100.000 Bq/g) e rejeito de muito baixa atividade (VLLW - 10 Bq/g); e a meia vida dos radionuclídeos presentes no rejeito, que define o tempo que o rejeito permanecerá potencialmente perigoso para causar danos ao meio ambiente e ao homem. Meia vida curta (SL) é considerada menor que 30 anos e meia vida longa (LL) maior que 30 anos.

HLW/ILW-LL - dividido em dois grupos:

- Classe C: material irrecuperável contido no elemento combustível queimado proveniente de centrais nucleares de energia, após reprocessamento.
- Classe B: inclui várias famílias de rejeitos geradas pelo reprocessamento do elemento combustível, proveniente das instalações operadas pela CEA (French Atomic Energy Commission) e do desmantalamento de dispositivos radioativos provenientes de instalações nucleares.

LILW-SL - rejeitos provenientes de laboratórios de pesquisa, universidades, hospitais e principalmente da indústria nuclear. Nesta categoria estão incluídos filtros, resinas de tratamento de água, luvas e outros materiais similares.

VLLW-SL - rejeitos provenientes principalmente da desmontagem de instalações nucleares descomissionadas e de indústrias químicas e metalúrgicas.

- Rejeito mineral inerte: concreto, entulho, dentre outros.
- Rejeito considerado como rejeito industrial comum gerado pelas instalações nucleares: sucatas plásticas e metálicas.
- Rejeito considerado como rejeito industrial especial proveniente de repositórios de rejeito.

d) ENRESA (2004): Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S.A. (ENRESA), empresa da Espanha, que gerencia rejeitos provenientes de instalações radiativas, mineração, instalações do ciclo do combustível nuclear e das centrais nucleares. Os rejeitos radioativos são classificados pelo: estado físico (líquido, sólido e gasoso); tipo de radiação que emite (alfa, beta e gama); atividade específica (alta, média e baixa). Para gestão final, os rejeitos são classificados em dois grandes grupos:

- Rejeitos de baixa e média atividade (RBMA): possuem atividade específica baixa, radionuclídeos emissores beta-gama, com meia vida inferior a 30 anos e conteúdo limitado para emissores alfa de meia vida longa.
- Rejeitos de alta atividade (RAA): elementos combustíveis queimados não reprocessáveis. Possuem elevada atividade específica em emissores de meia vida curta, contém alta concentração de radionuclídeos emissores alfa de meia vida longa e podem ser produtores de calor.

e) ONDRAF/NIRAS (2004): ONDRAF/NIRAS (Belgian Agency for Management of Radioactive Waste and Enriched Fissile Materials), agência da Bélgica, que gerencia rejeitos radioativos e material físsil enriquecido. É realizada uma pré-classificação, denominada *gerência em curto prazo*, que pode ser utilizada para rejeitos condicionados ou não condicionados, baseada no nível da atividade e na natureza da radiação emitida e a seguir outra classificação, denominada *gerência em longo prazo*, para rejeitos condicionados, baseada no nível de atividade e meia vida dos radionuclídeos presentes no rejeito. O método de classificação é compatível com a IAEA e a União Européia.

Gerência em curto prazo - Subdivide-se em três principais categorias:

- Rejeito de atividade baixa: a taxa de dose ao contato é menor que 2 miliSievert/hora. Nesta categoria estão incluídos filtros, resinas, equipamentos de proteção, papel, luvas e outros materiais similares.

- Rejeito de atividade média: a taxa de dose ao contato é entre 2 miliSievert/hora e 3 Sievert/hora. Nesta categoria estão incluídos rejeitos provenientes da produção e reprocessamento do combustível nuclear e de atividades de descomissionamento.
- Rejeito de atividade alta: média: a taxa de dose ao contato é maior que 2 Sievert/hora. Esse tipo de rejeito emite calor. Nesta categoria estão incluídos produtos de fissão, provenientes do reprocessamento do combustível nuclear usado e queimado e outros materiais físséis.

Gerência em longo prazo - Subdivide-se em três principais categorias:

- Categoria A: atividade baixa e media e meia vida curta;
- Categoria B: atividade baixa e media e meia vida longa;
- Categoria C: atividade alta e meia vida longa.

ONDRAF/NIRAS (2003) aborda a classificação sob o aspecto de deposição de rejeitos radioativos, definindo dois grupos: grupo aberto é rejeito condicionado com características radiológicas e não requer isolamento geológico e o grupo geológico deve permanecer isolado da biosfera.

De acordo com IAEA (1994b), as principais propriedades dos rejeitos radioativos a serem consideradas como critérios para classificação são:

- Propriedades radiológicas: meia vida, geração de calor, intensidade de penetração da radiação, atividade e concentração de radionuclídeos, contaminação de superfície e fatores de dose de relevantes radionuclídeos;
- Propriedades físicas: estado físico, tamanho e peso, compactável, dispersão, volatibilidade, solubilidade;
- Propriedades químicas: perigos químicos potenciais, corrosividade, conteúdo orgânico, combustibilidade, reatividade, geração de gás e sorção de radionuclídeos;
- Propriedades biológicas: perigos biológicos potenciais;
- Origem e criticalidade.

As categorias de classificações de rejeitos radioativos a serem consideradas nesse trabalho serão as definidas pela Norma CNEN NE-6.05 (1985) “Gerência de rejeitos radioativos em instalações radiativas”. A seção 4 “Classificação de rejeitos” utiliza os parâmetros: estado físico, natureza da radiação, concentração e nível de radiação para classificar os rejeitos em categorias. No caso dos limites de isenção especificados na Norma CNEN NE-6.02 (1998a), “Licenciamento de instalações radiativas”, forem excedidos, os rejeitos são classificados como radioativos.

III.2.5. Tratamento

PRADO FILHO (2003) define que, *“o tratamento dos rejeitos é realizado com o objetivo de promover transformações nas suas propriedades físicas e químicas, que resultam em um aumento da segurança e numa redução dos custos de transporte e disposição final...”* Os processos de tratamento são específicos para cada classe de rejeitos, enquanto que outros podem ser utilizados para vários tipos diferentes.

De acordo com a subseção 5.6 “Tratamento” da Norma CNEN NE-6.05 (1985), *“qualquer tratamento de rejeitos radioativos está sujeito à aprovação da CNEN, em conformidade com as normas específicas para cada tipo de instalação.”*

Para que os rejeitos radioativos possam ser liberados para o meio ambiente, devem se submeter a tratamento, para que o nível de radiação seja igual ao do meio ambiente e não apresentar toxidez química. O IPEN (2003) relata que o tratamento inclui etapas de transformação química, remoção de materiais inertes, inclusão em materiais sólidos de grande durabilidade e acondicionamento em embalagens de alto desempenho.

a) Rejeitos líquidos - Os processos de tratamento físico-químicos variam de acordo com volume, atividade e características químicas dos rejeitos líquidos, que podem ser produzidos tanto nas instalações do ciclo como nas instalações radiativas. Ao término de um processo de tratamento físico-químico, o rejeito pode ser encaminhado para outro tratamento físico-químico, para o armazenamento temporário, para a imobilização ou mesmo para a liberação no meio ambiente.

Os processos mais comuns para os rejeitos líquidos são:

- Neutralização: os rejeitos ácidos ou básicos são mais difíceis de armazenar com segurança, pois são incompatíveis com os processos de imobilização e mais agressivos quimicamente. Para serem encaminhados para a próxima etapa ou liberados no meio ambiente, precisam ter pH neutro.
- Precipitação, a evaporação e a troca iônica: são processos de redução do volume pela eliminação do solvente não-radioativo. A precipitação é a reação entre as substâncias presentes nos rejeitos e produtos químicos, formando sais insolúveis, separando o precipitado que contém quase todos radionuclídeos, e o sobrenadante. O precipitado contém a maior parte da atividade inicial, sendo que, pode ser estocado para decaimento e posterior liberação ou pode ser imobilizado para confinamento. Se o sobrenadante estiver descontaminado pode, após monitoração, ser lançado no meio ambiente como resíduo convencional, mas se estiver ainda

contaminado, será submetido a mais etapas de tratamento. A evaporação é um processo no qual o rejeito é aquecido para permitir a evaporação do sobrenadante, restando o concentrado que se assemelha a uma lama; os radionuclídeos presentes não se evaporam. Esta lama resultante é tratada semelhante a lama resultante da precipitação. A troca iônica é um processo em que as substâncias radioativas presentes no rejeito são fixadas em resinas especiais, chamadas de "trocadores iônicos", que passam a ser rejeito radioativo sólido, sendo incinerado ou simplesmente encapsulado.

- Imobilização ou solidificação: transforma rejeitos líquidos que contém radionuclídeos de meia-vida intermediária ou longa, com muito tempo de confinamento, em materiais sólidos, para minimizar o risco da dispersão antecipada ao meio ambiente e atender aos requisitos de segurança do transporte, armazenamento e disposição final. A imobilização é a incorporação dos rejeitos em materiais denominados “matrizes de imobilização”, que têm a propriedade de formar blocos sólidos e manter sua estrutura estável por muito tempo. A imobilização pode ser feita diretamente em tambores, normalmente de 200 litros de capacidade, nos quais o rejeito e a matriz de imobilização são misturados. As matrizes mais utilizadas são: cimento, betume e polímeros, empregados para a imobilização de rejeitos de atividade baixa ou média. Vidro e cerâmicas, são restritos aos rejeitos de atividade alta devido à complexidade e ao custo elevado do processo de imobilização. Os rejeitos líquidos orgânicos são mantidos em suas embalagens de coleta, e, incorporados em cimento, após sorção do rejeito em misturas de vermiculita/bentonita.

b) Rejeitos sólidos - O tipo de tratamento aplicado depende das características do rejeito sólido, considerando que podem ser: compactáveis ou não compactáveis, incineráveis ou não incineráveis, biológicos, fontes seladas, sólidos úmidos, dentre outros.

- Rejeitos sólidos compactáveis: gerados em grandes quantidades, são constituídos de materiais descartados em laboratórios, como luvas, papéis, algodão, vidros, peças de roupa, máscaras, filtros, dentre outros. É necessária aplicação de técnicas de redução de volume, como a compactação e a incineração, sendo que os radionuclídeos não são removidos do rejeito. No processo de compactação, os rejeitos geralmente são recolhidos em sacos de papel ou plástico, prensados em tambor metálico de 200 litros, que será a embalagem definitiva e o fator de redução

de volume pode chegar a 4. Na incineração, os rejeitos são queimados em fornos especiais até se converterem em cinzas e o fator de redução de volume pode chegar a 80.

- Rejeitos sólidos não compactáveis: são constituídos por entulho, sucata, madeira, dentre outros. Não podem ser compactados nem incinerados, são apenas acondicionados em tambores ou caixas metálicas, e, se o rejeito for de média atividade, são imobilizados com uma matriz de imobilização.
- Fontes Seladas: Os radioisótopos mais freqüentes são ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{241}Am e ^{226}Ra . Para o tratamento de pára-raios e detectores de fumaça radioativos são aplicados procedimentos de redução de volume e depois são armazenados. As fontes de ^{226}Ra podem ser acondicionadas em cápsulas de aço inoxidável inseridas em blindagem de chumbo, no interior de tambor de 200 litros.

c) Rejeitos gasosos - Os rejeitos gasosos são formados por misturas de gases radioativos ou por partículas de materiais radioativos em suspensão no ar, os aerossóis radioativos. Esses rejeitos são formados durante a manipulação de substâncias radioativas, e para manter as concentrações no ambiente de trabalho em níveis seguros para os trabalhadores, eles são continuamente removidos por meio de exaustores. Antes de serem lançados no meio ambiente, esses rejeitos passam por processos de tratamento para retenção dos radionuclídeos:

- Filtração: O meio filtrante mais utilizado para a filtração de gases é um adsorvedor feito com carvão ativado e o filtro mais empregado para a retenção de aerossóis é um papel de filtro feito de fibras microscópicas de vidro. A eficiência dos filtros de qualidade nuclear deve ser próxima a 100%, deve suportar condições adversas como temperatura elevada, altos graus de umidade e presença de agentes agressivos. O ar contaminado passa pelo filtro que retém as substâncias radioativas e libera o ar limpo na atmosfera. Após sua vida útil, os filtros são substituídos e tratados como rejeito sólido, os filtros para aerossóis são compactados e os filtros de carvão ativado são incinerados ou encapsulados pelo mesmo processo utilizado para os trocadores iônicos.
- Lavagem de gases: É a passagem dos gases, em fluxo ascendente, por um duto no qual há um fluxo de gotas descendentes, que é um líquido com propriedades químicas apropriadas para reter as partículas de poeira em suspensão e absorver os gases poluentes. Quando é substituída, esta solução é tratada como rejeito radioativo líquido.

III.2.6. Eliminação

A eliminação de rejeitos está condicionada à obtenção de parecer favorável da CNEN, com base na análise técnica dos fatores ambientais pertinentes, e aos seguintes requisitos, de acordo com a Norma CNEN NE-6.05 (1985):

- a) A eliminação de rejeitos líquidos na rede de esgotos sanitários está sujeita às seguintes condições: o rejeito deve ser prontamente solúvel ou de fácil dispersão em água; a quantidade de cada radionuclídeo liberada diária/mensal/anual pela instalação, na rede de esgotos sanitários, não deve exceder os limites definidos na Norma CNEN NE-6.05 (1985).
- b) A eliminação de excretas de pacientes submetidos à terapia radioisotópica deve ser feita de acordo com instruções específicas estabelecidas pela CNEN.
- c) A eliminação de rejeitos sólidos no sistema de coleta de lixo deve ser limitada em sua atividade específica definida na Norma CNEN NE-6.05 (1985).
- d) A eliminação de rejeitos gasosos deve ser previamente autorizada pela CNEN e não deve exceder os limites de concentração definidos na Norma CNEN NE-6.05 (1985).

III.2.7. Transporte

Segundo a Norma CNEN NE-6.05 (1985), os veículos utilizados no transporte interno devem ser monitorados e possuir meios de fixação adequados para os recipientes.

O transporte externo de rejeitos radioativos para depósitos está sujeito à Norma CNEN NE-5.01 (1988), “Transporte de Materiais Radioativos”. Segundo FERREIRA FILHO (2001), o objetivo do sistema de segurança radiológica no transporte de material radioativo é, portanto, a proteção adequada às pessoas e ao meio ambiente contra doses reais (advindas das condições normais de transporte) e potenciais (advindas de eventuais condições acidentais de transporte), sendo estabelecidos critérios de segurança para condições normais e acidentais de transporte e tipos de embalagem empregada.

Norma CNEN NE-5.01 (1988) estabelece: *“especificações sobre materiais radioativos para transporte; seleção do tipo do embalado; especificação dos requisitos de projeto e de ensaios de aceitação de embalados; disposições pertinentes ao transporte propriamente dito e responsabilidades e requisitos administrativos.”*

Os critérios de segurança aplicáveis dependem da natureza, atividade do material transportado e o projeto do embalado. O projeto das embalagens para transporte leva em consideração o manuseio e os possíveis imprevistos do transporte, assegurando a integridade do material até seu destino final.

A transferência de rejeitos de uma instalação é permitida, exclusivamente, para local no País determinado pela CNEN ou, com sua autorização, para outro país, segundo subseção 5.8 da Norma CNEN NE-6.05 (1985).

III.2.8. Armazenamento - Disposição final

Armazenamento é a guarda temporária dos rejeitos já tratados na própria instalação de tratamento. Os rejeitos de meia-vida curta são armazenados em locais apropriados até sua atividade atingir um valor semelhante ao do meio ambiente, podendo, então, ser liberados, após tratamento químico adequado, no caso de apresentar toxidez química.

O local da instalação destinado ao armazenamento provisório de rejeitos deve ser selecionado conforme os requisitos da subseção 5.5 da Norma CNEN NE-6.05 (1985).

No Brasil, os depósitos estão localizados nos Institutos da CNEN, onde estão armazenados rejeitos gerados nos próprios Institutos e os recolhidos de hospitais, clínicas, indústrias e de outras instituições:

A disposição final dos rejeitos radioativos é efetuada pela dispersão imediata no meio ambiente ou pelo confinamento definitivo (deposição) nos chamados repositórios. A dispersão depende do nível da atividade do rejeito radioativo e sua toxidez química e radiológica. O confinamento é necessário para prevenir e evitar espalhamento, dispersão e contaminação indevidos, e implica no isolamento dos rejeitos dentro dos repositórios, por longos períodos de tempo - da ordem de dezenas, centenas a milhares de anos, dependendo da meia-vida.

Os repositórios podem ser construções de superfície ou subterrâneas, projetadas e realizadas de modo a minimizar o contato antecipado do rejeito com a biosfera, localizados afastados de centros urbanos, sem exploração mineral, agropecuária ou de outra natureza, longe de rios e lagos, com água subterrânea ausente ou profunda, e sem atividade sísmica.

Além destas características do local, os repositórios são dotados de barreiras de engenharia, que dificultam a entrada de água no repositório, minimizando o risco de transportar material radioativo para o exterior do repositório. As barreiras são constituídas por camadas de concreto, argila e outros materiais impermeáveis ao redor das embalagens contendo rejeitos.

Nos repositórios profundos, o tempo de confinamento é de centenas de milhares de anos, indicados para rejeitos de atividade alta, contendo radionuclídeos de meia vida longa. A deposição deve ser feita em profundidades de centenas de metros ou mais, em um meio geológico estável e com baixa permeabilidade à água.

Segundo MCCOMBIE (2002), o desafio é manter em segurança em isolamento os materiais radioativos de meia vida longa. O isolamento pode ser alcançado por longos períodos pela construção, manutenção e guarda de instalações de estocagem de superfície, mas isso deixa a responsabilidade para as futuras gerações. Algumas soluções são complexas e de custo elevado, como remover permanentemente da Terra ou transformar radionuclídeos de meia vida longa em meia vida curta pela transmutação no reator ou acelerador de partículas. Atualmente, a solução mais simples capaz de remover o rejeito radioativo para um local seguro é o repositório profundo geológico.

Segundo IPEN (2003a), por enquanto, os rejeitos radioativos de alta atividade gerados no Brasil estão nos elementos combustíveis queimados que estão sendo armazenados no próprio reator nuclear, pois ainda não foi definida a política nacional sobre o reprocessamento destes elementos combustíveis para reaproveitamento do plutônio e do urânio restante. Não há, portanto, previsão sobre a gestão destes rejeitos.

O projeto do depósito definitivo da CNEN ainda está em fase de estudo, sendo que a CNEN possui o repositório de Abadia de Goiás, que foi concluído em maio de 1997, no Centro Regional de Ciências Nucleares do Centro Oeste (CRCN-CO), em Abadia de Goiás, estado de Goiás, a 25 km do centro da cidade de Goiânia. Esse repositório é um caso particular, pois, foi construído exclusivamente com a finalidade de conter definitivamente os rejeitos decorrentes do acidente com ^{137}Cs ocorrido na cidade de Goiânia, em 1987, que liberou 50,9 TBq de ^{137}Cs e ao final do processo de descontaminação das áreas afetadas da cidade, compreendia 3.500 m³ de rejeitos radioativos, dos quais 6.000 toneladas na forma sólida, embalados em 5.700 recipientes com atividade total estimada em 40 TBq (VINHAS (2003)).

Segundo VINHAS (2003), o rejeito radioativo proveniente do acidente de Goiânia foi classificado como rejeito de meia-vida curta e baixa atividade, de acordo com parâmetros da IAEA - International Atomic Energy Agency (Agência Internacional de Energia Atômica - AIEA) e devido suas características foram construídos dois repositórios:

“Aproximadamente 42,7% do volume do rejeito possui atividade específica menor que 87 Bq/g. [...] 16,5% do volume do rejeito requer um período de decaimento de 150 anos para alcançar níveis aceitáveis. O restante do volume, 40,8%, com período de decaimento menor que 150 anos, necessitou ser reembalado em containers de concreto e metálico para melhorar seu acondicionamento e também de barreira de engenharia no repositório de superfície.” (VINHAS, 2003)

O depósito chamado de Container de Grande Porte (CGP), construído sobre a superfície, coberto com solo local e gramado, armazena 40% do volume total do material

recolhido, rejeitos cuja concentração radioativa é tão baixa que poderiam ser depositados em aterros sanitários. No outro depósito, estão os rejeitos efetivamente radioativos, dentre eles, os restos da fonte principal que originou o acidente, no qual, foram considerados “*aspectos relacionados à drenagem, proteção física e acesso de veículos pesados...*” (VINHAS (2003)).

Desde 1988, um programa de monitoração ambiental vem sendo realizado, e consta de medida da taxa de kerma no ar, a determinação de ^{137}Cs em meio primário (água), em meios integradores (solo e sedimento) e em meios bioindicadores (pasto e leite). Na análise dos resultados das amostras ambientais provenientes de Abadia de Goiás observa-se que, do ponto de vista da radioproteção ambiental, não houve impacto radiológico decorrente do depósito de rejeito.

III.2.9. Controle

Segundo a Norma CNEN NN-6.09 (2002), “*é de responsabilidade dos operadores das instalações que geram rejeitos radioativos [...] a geração e manutenção de registros e demais documentos relativos aos rejeitos até a aceitação e transferência destes para o depósito intermediário ou repositório.*”

Os registros de todos os rejeitos devem ser mantidos atualizados e documentados, descrevendo as seguintes informações de acordo com as Normas CNEN NE-6.05 (1985), CNEN NE-6.02 (1998a) e CNEN NN-6.09 (2002):

a) Identificação do rejeito conforme Anexo A, conforme a Norma CNEN NE-6.05 (1985) e localização do recipiente que o contém. A identificação inclui: categorias de classificação dos rejeitos, segundo o estado físico, natureza da radiação, concentração e nível de radiação. O tipo, composição e conteúdo de radionuclídeos do produto, segundo a Norma CNEN NN-6.09 (2002), “*devem ser conhecidos e documentados com suficiente precisão para apresentar evidência de sua conformidade com os limites autorizados*”.

Informações sobre a procedência e destino; transferências internas e externas; eliminações realizadas, particularizando as atividades diárias liberadas.

b) Controle de variações do inventário de radionuclídeos, conforme Anexo C da Norma CNEN NE-6.05 (1985).

c) Registrar os controles de acordo com os critérios gerais estabelecidos pela Seção 4 da Norma CNEN NN-6.09 (2002), para os processos ou embalagens, de acordo com aplicação, para aceitação de rejeitos, para fins de deposição.

d) Registrar os controles de acordo com as características para deposição aplicadas ao rejeito, ao produto, à embalagem e ao embalado, estabelecidas pela Seção 5 da Norma CNEN NN-6.09 (2002).

De acordo com os processos de gerência de rejeitos radioativos apresentados nesse capítulo, o projeto de software apresentado no presente trabalho, abrange o ciclo de vida dos radioisótopos contidos nos rejeitos radioativos, da coleta/recebimento ao armazenamento até que seja transferido para deposição final, ou seja, informações detalhadas das atividades administrativas e operacionais, tais como, identificação e caracterização do rejeito radioativo; tipo de tratamento aplicado, identificação das embalagens utilizadas e sua localização; transferências efetuadas, eliminações realizadas, dentre outras, serão tratadas no referido projeto.

A IAEA-SS111-F (1995) recomenda que, a identificação, a localização e o inventário de rejeitos radioativos devem ser mantidos devidamente registrados e atualizados. Para tal, deve-se desenvolver mecanismos formais para a manutenção dos dados do inventário de rejeitos, incluindo especificações de um projeto de software, contendo as regras de negócio, de acordo com os parâmetros estabelecidos em normas e legislação vigentes no país e recomendações internacionais.

Capítulo IV - Metodologia

Este capítulo aborda a metodologia adotada no trabalho, que seguirá as fases de um processo de desenvolvimento de software baseado na tecnologia orientada a objetos, e tem como escopo a elaboração do projeto conceitual e lógico e especificação do Sistema Integrado de informações para Controle do inventário de Rejeitos Radioativos, denominado SICORR.

O processo PRAXIS (Processo para Aplicativos eXtensíveis Interativos, PAULA FILHO (2001)), que é um conjunto de métodos e padrões da engenharia de software, foi utilizado para integrar a documentação do processo de desenvolvimento do SICORR, pois abrange detalhes do produto, das etapas de execução, dos insumos e dos resultados. Como ferramenta de modelagem do projeto do SICORR foi utilizado software Rational/IBM XDE[®] versão *developer*.

IV.1. A metodologia aplicada

A metodologia adotada abrange as seguintes fases:

a) Seleção de documentação e normas

- Artigos e publicações técnicas sobre rejeitos radioativos.
- Normas da CNEN, Legislação Brasileira e Recomendações de organismos internacionais, como a Agência Internacional de Energia Atômica (*International Atomic Energy Agency - IAEA*).

b) Concepção do SICORR

- Análise da situação atual: levantamento das fontes de dados, procedimentos manuais e/ou automatizados e documentação existentes.
- Identificação das necessidades das áreas envolvidas e de interfaces com outros sistemas de software.
- Definição do escopo do projeto.
- Elaboração do documento “*Proposta de Especificação do Software (PESw)*”, Anexo 1.

c) Elaboração da especificação dos requisitos do SICORR

- Levantamento detalhado dos requisitos funcionais e não funcionais, funções e interfaces para elaboração da proposta do projeto do sistema de software.
- Análise, tratamento e consolidação das informações coletadas.
- Elaboração de documentação específica para armazenar e tratar as informações coletadas, classificando-as de acordo com o processo em questão. Elaboração de

critérios de acordo com normas, leis, procedimentos e rotinas utilizadas nos processos apurados.

- Consolidação das informações coletadas para utilização nos diversos níveis técnicos e gerenciais envolvidos.
- Apresentação da proposta de integração, tipo de armazenamento e de tratamento, e otimização do uso das informações relativas à gerência e controle de rejeitos radioativos gerados pelos órgãos da CNEN envolvidos.
- Definição dos modelos conceitual e lógico do projeto.
- Levantamento e especificação dos requisitos de interface externa e layout das interfaces dos usuários.
- Elaboração do documento *Especificação dos Requisitos do Software (ERSw)*, Anexo 2.
- Elaboração da especificação de classes e relacionamentos - ERSw, Anexo 2.

IV.2. Conceitos referentes a sistema de informática

Um sistema de informática é composto por: plataforma de hardware, que são as estações de trabalho, servidores e equipamentos de rede; recursos de comunicação de informação, a infra-estrutura que compõem a rede; o software, conjunto organizado de instruções e descrições de dados, é a parte programável do sistema de informática, realiza estruturas complexas e flexíveis que trazem funções, utilidade e valor ao sistema; e as bases de dados, compostas pelo banco de dados e sistema gerenciador, acessadas pelo software. “*Os sistemas de informática são os produtos da tecnologia de tratamento da informação...*” (PAULA FILHO, 2001). O presente trabalho se limita ao escopo de software.

O termo *Engenharia de Software* surgiu em uma conferência no final da década de 60 (NAUR, 1968). A proposta inicial era a sistematização do desenvolvimento de software, que deveria ser tratado como engenharia e não como arte, utilizando métodos, ferramentas e técnicas para a produção de software confiável, correto e entregue respeitando os prazos e custos definidos.

QUATRANI (2001) segue essa premissa e define que, para um projeto de *software* bem sucedido é necessário conhecer e aplicar três conceitos: Notação, Processo e Ferramenta. A notação é o meio de comunicação do processo e a ferramenta é o instrumento de documentar o processo. Nesse trabalho foi adotado a UML (Unified Modeling Language - Linguagem de Modelagem Unificada) como notação, o PRAXIS como processo e a Rational XDE como ferramenta.

A UML auxilia o processo de desenvolvimento, é uma linguagem de modelagem, não é uma metodologia ou processo de desenvolvimento de software. A UML não depende de processo, mas é necessário selecionar as técnicas da UML, de acordo com as características e necessidades do projeto.

Os processos de desenvolvimento são caracterizados por conterem uma linguagem de modelagem e um procedimento de uso dessa linguagem (sintaxe e semântica), a UML é considerada uma linguagem por não possuir um procedimento de uso. A UML define uma notação e um metamodelo. A notação é o material gráfico visto em modelos, é a sintaxe da linguagem de modelagem.

O padrão UML foi aprovado em 1997 pelo Object Management Group (OMG) e resolveu problemas relacionados à falta uma notação padronizada e eficaz que abranja qualquer tipo de processo. Recebeu influência das técnicas de modelagem de dados (diagrama de entidade/relacionamento), modelagem de negócio (workflow), modelagem de objetos e componentes, cujos principais autores são:

- Rumbaugh (OMT - Object Modeling Technique): baseado na semântica de dados, a notação empregada é o ponto forte do método;
- Booch (Rational): desenho estruturado como linguagem de programação estruturada e desenho OO com pouca ênfase no uso dos dados;
- Jacobson (OOSE - Object Oriented Software Engineering): o modelo de análise é baseado requerimentos, um conjunto de casos de uso, um modelo de domínio de problema e uma descrição da interface do sistema;
- Shlaer/Mellor (Diagrama de fluxos de dados - DFD, Diagrama de entidade-relacionamento - DER e diagrama de transação e estados - DTE); James Martin/Odell (Engenharia da informação); Coad/Yourdon (Objeto/Classe) e Rebecca Wirfs Brock (conceito de colaboradores).

A UML é utilizada em diversos tipos de processos de desenvolvimento de software, e, abrange todas as fases desde a especificação de requisitos até a fase de testes. Os modelos gerados a partir dos conceitos da UML, são abstrações que retratam a essência do software, que facilitam a compreensão de problemas, resolvem a comunicação entre os termos técnicos e o usuário, documentam o software e preparam as etapas de codificação e modelagem de banco de dados.

O objetivo da UML é descrever qualquer tipo de sistema de software, em termos de diagramas orientados a objetos. Dentre as técnicas da UML, destacam-se os seguintes diagramas, que foram utilizados nesse trabalho:

- Diagrama de casos de uso: confecciona os requisitos do sistema. É uma seqüência de eventos que ocorrem durante uma determinada execução do sistema. Os casos de uso descrevem a funcionalidade do sistema percebida por atores externos, um ator interage com o sistema podendo ser um usuário, dispositivo ou outro sistema;
- Diagrama de estados: detalha o funcionamento de classes complexas ou representa as regras de negócios complexas e vitais para o funcionamento do software;
- Diagrama de atividades: representa a dinâmica do software. São fluxogramas usados para mostrar o fluxo de trabalho do software, ou seja, com os diagramas de casos de uso bem modelados, a criação dos diagramas de atividades são baseadas nos comandos de utilização;
- Diagrama de classes: identifica as associações e atributos. As operações auxiliam para compreender o funcionamento do sistema.

Processo de software é um conjunto de atividades, métodos, práticas e transformações que as pessoas empregam para desenvolver e manter software e os produtos associados, tais como, planos de projeto, documentos de projeto/design, código, casos de teste, manual do usuário. O software é algo que o processo produz, e a primeira providência a ser tomada é a escolha do processo a ser utilizado.

Existem muitos modelos de processos de desenvolvimento de software, e que são definidos a partir das características relacionadas ao ambiente, aos clientes, aos desenvolvedores e fornecedores, tais como: tipo de software que será desenvolvido (real-time, sistema de informação, etc.); escala (tamanho da equipe); cliente (depende do tipo de usuário e do negócio), etc.

Para efetuar a escolha do processo utilizado no presente trabalho, as características dos principais processos disponíveis no mercado foram pesquisadas:

- Processo Pessoal de Software (Personal Software Process - PSP <http://www.psphome.hpg.ig.com.br>): Proposta de Watts Humphrey, em 1995, são aplicados conceitos de qualidade (ISO 9126, ISO 9001 e ISO 9000-3), capacidade e maturidade de processos de software (CMM - Capability Maturity Model). O PSP apresenta uma sucessão definida de passos de melhoria de processos, juntamente com uma avaliação de desempenho de cada passo. O desenho é feito de acordo com

padrões rigorosos, que usam conceitos de orientação a objetos, síntese lógica e máquinas seqüenciais. Desvantagens: difícil aplicação em pequenas equipes de desenvolvimento de sistemas ou no nível individual, exigência de treinamento especializado e alto custo de implantação.

- Processo de Software para Times (Team Software Process - TSP <http://www.psphome.hpg.ig.com.br>): nova versão do PSP de Watts Humphrey, em 1998, aplicação do CMM no nível organizacional e PSP no nível do programados. O TSP é estruturado em conceitos do CMM e para trabalhos em equipe, em que cada membro do grupo tem papéis e responsabilidades bem definidos. Planejamento e controle rigoroso de tamanhos, esforços, prazos e defeitos. O TSP enfatiza áreas de planejamento e controle de projetos e garantia da qualidade. Desvantagens: processo voltado para trabalho em equipe, os membros da equipe tem que ter conhecimento e treinamento em PSP e processo com ênfase para aspectos de gerência de projetos.
- Rational Unified Process (RUP - <http://www.ibm.com/rational>): processo proprietário da IBM e Rational Software Corporation, proposto como padrão pelos autores da UML. As principais características do RUP: dirigido por casos de uso, centrado na arquitetura, iterativo e incremental, conceitos de orientação a objetos, UML e gerência de projetos. Desvantagens: difícil aplicação em pequenas equipes de desenvolvimento de sistemas ou no nível individual, exigência de treinamento especializado e alto custo de implantação.
- PRAXIS (PRocesso para Aplicativos eXtensíveis InterativoS - PAULA FILHO, 2001 - <http://www.wppf.uaivip.com.br/praxis/apresentacao.htm>): processo selecionado para aplicação nesse trabalho. Elaborado a partir dos conceitos do PSP, TSP e RUP, porém com objetivos diferentes. O PRAXIS é desenhado para suportar projetos de seis meses a um ano de duração, realizados individualmente e por pequenas equipes, com ênfase no desenvolvimento de aplicativos gráficos interativos, baseados na tecnologia orientada a objetos. Todo o material aplicado no PRAXIS está disponibilizado gratuitamente na Internet, que inclui modelos de documentação, relatórios e exemplos que facilitam a preparação dos documentos requeridos, e roteiros de revisão, que facilitam a revisão destes.

Ferramenta CASE (Computer-Aided Software Engineering - Engenharia de Software Auxiliada por Computador) é um aplicativo de modelagem de sistemas de software, que auxilia na produção de sistemas.

As funcionalidades que a ferramenta oferecem ao usuário dependem exclusivamente da proposta do fabricante, por este motivo, as ferramentas se dividem em três categorias: *lower CASE* (ferramentas de codificação); *upper CASE* (ferramentas de análise, projeto e implementação) e *integrated CASE* (união de *upper e lower CASE*).

Um dos componentes indispensáveis de uma ferramenta CASE é a modelagem visual, ou seja, a possibilidade de representar, por modelos gráficos, o que está sendo definido. No caso, análise orientada a objetos através da UML.

O primeiro passo na seleção de uma ferramenta CASE é definir se o uso será para codificação e/ou para análise. A categoria adequada para o trabalho é a *integrated CASE*, levando em consideração a perspectiva futura de continuidade do projeto.

Outro fator importante é que a ferramenta deve ser aderente aos conceitos de análise e do processo de desenvolvimento aplicados no trabalho, nesse caso, análise orientada a objetos e o processo PRAXIS, além de levar em consideração o suporte da ferramenta para evolução de conceitos e técnicas, ou seja, possibilidade de atualização da versão.

Escolher a melhor ferramenta não é uma tarefa simples, depende das necessidades e problemas específicos do projeto e da estrutura institucional (recursos materiais e humanos) a ser aplicada.

Em outubro de 2003, foi realizado um levantamento das principais ferramentas CASE disponíveis no mercado, com a finalidade de selecionar a ferramenta a ser utilizada nesse trabalho. Para fins de comparação, levantamentos e estudos realizados por empresas e comunidades especializadas estão disponibilizados na Internet, como por exemplo: <http://www.oose.de/umltools.htm> e <http://www.umlderby.org>.

Além dos fatores anteriormente citados, para efetuar a seleção das ferramentas, a solidez e credibilidade dos fabricantes e características das ferramentas, listadas a seguir, também foram considerados:

- Desenvolvidas sobre uma arquitetura inteligente (customizável);
- Possuem "facilitadores" para auxiliar nas tarefas repetitivas;
- Geram relatórios para acompanhamento do trabalho;
- Efetuam Engenharia Reversa;
- Interfaces com outros aplicativos de desenvolvimento.

As seguintes ferramentas foram examinadas:

- MVCCase versão 1.0, fabricante Comunidade Java.net, software livre, endereço eletrônico: <https://mvcase.dev.java.net> ;
- Argo UML versão 0.14, fabricante Tigris, software livre, endereço eletrônico: <http://argouml.tigris.org>;
- Poseidon CE versão 2.0, fabricante Gentleware, endereço eletrônico: <http://www.gentleware.com>;
- Visual Paradigm Pro versão 2.2 e Visual Paradigm CE versão 2.2, fabricante Visual Paradigm, endereço eletrônico: <http://www.visual-paradigm.com>;
- Rational XDE 2003 (Sucessor do Rational Rose 6.0), fabricante IBM - Rational, endereço eletrônico: <http://www-306.ibm.com/software/rational/>;
- System Architect versão 9.1, Popkin Software, endereço eletrônico: <http://www.popkin.com>;
- Borland Together versão 6.1, fabricante Borland, endereço eletrônico: <http://www.borland.com/together/designer/index.html>.

Os seguintes parâmetros foram utilizados para verificação nas ferramentas levantadas:

- Versão (mede a maturidade do software);
- Preço em U\$ da licença;
- Contém todos os diagramas da UML;
- Possui integração entre os diagramas;
- Permite a cópia ou exportação de diagramas para figuras;
- Geração de documentação em formato padrão HTML e XML;
- Integrável com Java e VB.Net;
- Independente de plataforma de desenvolvimento.

Considerações sobre a análise do levantamento realizado, conforme Tabela 4:

- O custo da licença não foi fator decisivo, uma vez que, o Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN/CNEN) disponibilizou uma licença do software Rational XDE para utilização no referido trabalho.
- A independência da ferramenta em relação à plataforma de desenvolvimento é imprescindível para as etapas que foram propostas para serem executadas no trabalho.
- A integração da ferramenta com as plataformas de desenvolvimento JBuilder (Java) e .Net (VB.NET) foi um fator relevante, considerando a perspectiva de continuação

do projeto, efetuando a implementação do software. As referidas plataformas são as principais plataformas de desenvolvimento de software atualmente.

- Como o processo PRAXIS foi aplicado no trabalho, é imprescindível que a ferramenta suporte e integre diagramas UML.
- A possibilidade de cópia ou exportação de diagramas para figuras é fundamental para a composição e estruturação do documento do PRAXIS, Especificação dos Requisitos de Software (ERSw).
- A geração de documentação em formato padrão HTML e XML, dentre outros benefícios, viabiliza a visualização e validação das interfaces de usuários.

A ferramenta CASE escolhida para aplicação nesse trabalho foi a Rational XDE, devido ao atendimento pleno dos requisitos apresentados e pela disponibilidade de uma licença adquirida pelo Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN/CNEN) para a execução do referido projeto.

TABELA 4 - Dados do levantamento de ferramentas CASE

Características	MVCase	Argo UML	Poseidon CE	Visual Paradigm Pro	Visual Paradigm CE	Rational XDE	System Architect 9.1	Borland Together
Versão. Mede a maturidade do software	1.0	0.14	2.0	2.2	2.2	2003 (Sucessor do Rational Rose 6.0)	9.1	6.1
Preço em U\$ da licença	Grátis	Grátis	\$1,549.00	\$838.50	Grátis	\$2,800.00	\$2,796.80	\$6,000
Contém todos os diagramas da UML	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Possui integração entre os diagramas	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Permite a cópia ou exportação de diagramas para figuras	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
Gera documentação em formato padrão HTML e XML	Não	Não	Não	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
Integrável com Java	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
Integrável com VB.Net	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Não	Sim
Independente de plataforma de desenvolvimento	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim

IV.3. Considerações sobre o Processo PRAXIS (PRocesso para Aplicativos eXtensíveis InterativoS)

Segundo PAULA FILHO (2001), o PRAXIS utiliza a UML (*Unified Modeling Language* - Linguagem de Modelagem Unificada) como notação de modelagem, sendo as práticas gerenciais inspiradas nas práticas chaves dos níveis 2 e 3 do CMM - *Capability Maturity Model* (Modelo de Maturidade da Capabilidade de Software) e os padrões incluídos se baseiam na norma IEEE 94 (Institute of Electrical and Electronics Engineers).

O CMM é organizado em cinco níveis, denominados nível de maturidade, que indicam o tipo de capabilidade que o processo de desenvolvimento de software está situado e propõe ações de melhoria para o crescimento da maturidade do processo de software. Cada nível de maturidade compreende um conjunto de objetivos de processos que, quando satisfeitos, estabilizam um componente importante do processo de software resultando em um crescimento na capabilidade de processo da organização.

O Nível 2, denominado *Repetível*, é caracterizado por processos básicos de gestão de projeto estabelecidos para acompanhar custo, cronograma e funcionalidade; a necessária disciplina do processo existe para repetir sucessos anteriores em projetos com aplicações similares. O Nível 3, denominado *Definido*, é caracterizado por processos de desenvolvimento e manutenção de software para as atividades de gestão e engenharia, documentados, padronizados e integrados em um processo de software padrão para a organização.

As unidades de trabalho que compõem o PRAXIS abrangem fases (subprocessos gerenciais), composta por uma ou mais iterações, e fluxos (subprocessos técnicos), dividido em uma ou mais etapas. As etapas dos fluxos do processo são descritas como:

- Requisitos: características levantadas e detalhadas que definem os critérios de aceitação de um produto. Os requisitos são obtidos com os usuários do produto.
- Análise: Os requisitos são levantados, detalhados, estruturados e validados em um modelo conceitual pelas técnicas de análise.
- Desenho: Modelo estrutural que representa os componentes e interfaces do produto. Abordagens de questões de arquitetura e de tecnologia.
- Implementação: Detalhamento e implementação dos componentes de código.
- Testes: Verificação dos resultados de implementação pela realização de testes de aceitação, no ambiente de desenvolvimento e no ambiente dos usuários.

Nas tabelas abaixo, são apresentados as fases e os elementos do PRAXIS, que foram empregados para o desenvolvimento do SICORR.

TABELA 5 - Elementos da fase *Concepção*

Fase	Concepção
Iteração	Ativação
Insumos	Documentos e informações levantados.
Atividades	Definição do contexto e escopo do produto e levantamento preliminar dos requisitos.
Resultados	Proposta de Especificação do Software (PESw).
Operações	A demanda por um projeto de software pode resultar de um outro projeto de maior porte, um projeto piloto de avaliação de tecnologia ou mesmo solicitações de melhorias e modificações de uma versão anterior. Uma técnica deficiente de elaboração de requisitos reflete no desenho do produto. O requisito não atendido é um defeito ou <i>bug</i> do software.
Normas pertinentes	Padrão de Proposta de Especificação de Software.

TABELA 6 - Elementos da fase *Elaboração*

Fase	Elaboração
Iteração	Levantamento e Análise de Requisitos
Insumos	Proposta de Especificação de Software (PESw) aprovada pelo usuário, revisada e validada pelo analista.
Atividades	Conclusão do levantamento e cadastramento dos requisitos; detalhamento das interfaces, casos de uso e requisitos não funcionais; identificação das classes, atributos e relacionamentos e realização dos casos de uso.
Resultados	Especificação dos Requisitos do Software (ERSw); Modelo de Análise do Software (MASw)
Operações	Os requisitos funcionais são descritos pelos casos de uso, formando a primeira visão do modelo de análise. As interfaces são esboçadas para definir requisitos. Os casos de uso são expressos em relação às ações pertinentes ao domínio do problema e não aos detalhes das interfaces. O modelo de análise usa a notação orientada a objetos na modelagem do problema. A análise dos requisitos leva à identificação de classes, atributos e relacionamentos, fornecendo os modelos conceitual e lógico de dados. As responsabilidades das classes e suas operações são detalhadas, usadas para produzir realizações dos casos de uso, nas quais os fluxos dos casos de uso são descritos em termos de interações entre as classes identificadas. O detalhamento das realizações dos casos de uso aperfeiçoa os requisitos funcionais, pois permite descobrir ambigüidades, omissões e inconsistências destes.
Normas pertinentes	Padrão para Especificação de Requisitos de Software.

Os insumos e resultados são denominados artefatos do processo, compostos por documentos, relatórios e modelos, produzidos por editor de texto, planilhas, banco de dados ou ferramenta de análise. Os documentos e modelos do PRAXIS utilizados e referenciados nesse trabalho são definidos a seguir:

TABELA 7 - Documentos e modelo do PRAXIS utilizados

Nome	Sigla	Descrição
Proposta de Especificação do Software	PESw	Documento que delimita preliminarmente o escopo de um projeto, contendo um plano da fase de Elaboração.
Especificação dos Requisitos do Software	ERSw	Documento que descreve, de forma detalhada, o conjunto de requisitos especificados para um produto de software.
Modelo de Análise do Software	MASw	Modelo gerado pela ferramenta de modelagem orientada a objetos, que detalha os conceitos do domínio do problema a resolver que sejam relevantes para a validação dos requisitos.

Capítulo V - Resultados

V.1. Descrição dos processos do SICORR

O projeto SICORR foi modelado considerando oito processos, a saber: Gestão das instalações radiativas; Gestão dos rejeitos radioativos; Gestão dos Institutos CNEN; Gestão do controle regulatório; Gestão dos dados de apoio; Gestão dos usuários; Emissão de relatórios por pesquisa e Emissão de relatórios padronizados. As funções ou módulos essenciais do SICORR envolvem o tratamento dos dados (inclusão, atualização e exclusão), integração, padronização e consistência entre os processos. Estes serão apresentados a seguir.

V.1.1. Gestão das instalações radiativas: Este módulo tem como objetivo processar os dados cadastrais e de licenciamento; do responsável pela radioproteção; da área e da classificação das instalações radiativas. A identificação da instalação radiativa é utilizada no cadastro da origem do rejeito radioativo e do controle do inventário de radionuclídeos.

Nome da instalação

CNPJ

Endereço

Bairro

Cidade

UF

CEP

Telefone/FAX

e-mail

Autorização operação instalação (Sim | Não)

Data validade da autorização

Número de Registro CNEN

Nome do responsável pela instalação

Supervisor de Radioproteção (Sim | Não)

Data validade de certificação SR

Área: (Medicina (diagnóstico | in vivo | in vitro | terapia | ambos) | Indústria | Pesquisa | Ensino | Comércio | Outras)

Descrição Área - Outras

Grupo de Classificação (Grupo I | Grupo II | Grupo III | Grupos IV, V e VI | Grupo VII | Grupo VIII | Grupo IX | Grupo X)

Tipo de utilização dos radionuclídeos: (Fonte selada | Fonte não selada | Acelerador de partículas)

V.1.2. Gestão dos rejeitos radioativos: Este módulo tem como objetivo processar os dados cadastrais (origem e identificação), das características físicas, químicas e radiológicas e dos processos (tratamento, acondicionamento e armazenamento) dos rejeitos radioativos. A identificação do rejeito radioativo é utilizada em todos os procedimentos tratados no SICORR, com o objetivo de rastrear a localização do rejeito, suas características, processos aplicados e situação de utilização.

V.1.2.1. Cadastrar dados de identificação de rejeito radioativo, de acordo com as Normas CNEN NE-6.05, CNEN NN-6.09 e CNEN NE-6.02. A identificação inclui: categorias de classificação dos rejeitos, segundo o estado físico, natureza da radiação, concentração e nível de radiação; tipo, composição e conteúdo de radionuclídeos do produto e classe de radiotoxicidade.

a) Origem do rejeito

Instalação de origem (CNPJ)

Nome Instituto

Sigla Instituto

Identificação do rejeito

Data solicitação coleta

Responsável recebimento/coleta

Data recebimento/coleta

b) Caracterização do rejeito

Identificação do rejeito

Descrição da operação geradora

Descrição sobre o manuseio seguro

Massa inicial (kg)

Volume inicial (litro)

Estado Físico

Sólido

Não combustível (pequenas peças | sucata metálica | vidros | entulho | fonte selada | outros).

Combustível (papel | plástico | PVC | carcaças | madeira | filtros | outros).

orgânico

inorgânico

incinerável

não incinerável

putrescível

patogênico

Material compactável (Lã de vidro | Luva | Mangueira | Papel | Papelão | Plástico | Tecido | Peças plásticas | Isopor | Borracha compactável | Algodão | Esponja de aço | Serragem | Paviflex | Outros)

Material não compactável (Barrica duratex | Cerâmica | Frasco de polietileno | Madeira | Microesferas | Pastilhas | Refratário | Resina troca iônica | Corpos de prova de cimento e concreto | Sucata de metal | Vidraria | Pó | Grafite | Areia | Vermiculita | Borracha não compactável | Acrílico | PVC | Fio | Equipamento | Bombona | Carvão ativado | Gesso | Terra | Entulho | Fonte | Pára-raios | Detetor de fumaça | Fita de Am 241 | Outros)

Líquido

Não combustível (solução aquosa | lama | concentrado | solvente inorgânico | outros).

Combustível (óleo | líquido de cintilação | solvente orgânico | outros).

orgânico

inorgânico

ácido

alcalino

Valor do pH

inflamável

não inflamável

explosividade

piroforicidade

corrosividade

Toxicidade química (Baixa | Média | Alta)

Descrição da composição química

Fonte Selada

Pára-raios

Detetor de Fumaça

Outro

Descrição Outro

Quantidade dispositivo

Quantidade fonte selada por dispositivo

Total de fonte selada

Situação da fonte selada (sem previsão de reutilização | com previsão de reutilização | sob avaliação) Data da situação

Situação do rejeito (Não recolhido | Não processado | Tratado | Acondicionado | Armazenado | Eliminado | Transferido) Data da situação

c) Radionuclídeos presentes no rejeito

Identificação do rejeito

Radionuclídeo alfa	Meia vida	Classe Radiotoxicidade	Atividade inicial (Bq)	Data inicial	Atividade atual (Bq)	Data atual

Radionuclídeo beta e/ou gama	Meia vida	Classe Radiotoxicidade	Atividade inicial (Bq)	Data inicial	Atividade atual (Bq)	Data atual

Atividade (Bq): medida estimativa certificado

Num Certificado

Concentração (Bq/m³ | Ci/m³)

Nível de radiação na superfície (µSv/h)

Categoria do rejeito (sigla)

Data da classificação

Observação

V.1.2.2. Cadastrar dados do tratamento aplicado. De acordo com a subseção 5.6 da Norma CNEN-NE-6.05, “qualquer tratamento de rejeitos radioativos está sujeito à aprovação da CNEN, em conformidade com as normas específicas para cada tipo de instalação.” Os processos de tratamentos aplicados são:

- Rejeitos líquidos: neutralização, precipitação, evaporação, troca iônica e imobilização
- Rejeitos sólidos: compactação, incineração, imobilização e acondicionamento
- Fonte selada fora de uso: redução do volume e acondicionamento
- Rejeitos gasosos: filtração e lavagem de gases

Nome Instituto

Sigla Instituto

Identificação do rejeito

Processo de tratamento aplicado

Transformação química

Remoção de materiais inertes

Inclusão em materiais sólidos de grande durabilidade

Acondicionamento em embalagens de alto desempenho

Não Tratado

Descrição do processo de tratamento aplicado

Data do tratamento

V.1.2.3. Cadastrar dados de identificação do acondicionamento do rejeito. Os recipientes devem ser adequados conforme subseção 5.3 e ter seu conteúdo identificado conforme Anexo A da Norma CNEN NE-6.05 e não devem apresentar contaminação superficial externa em níveis superiores aos limites estabelecidos no Anexo B da referida Norma.

Cadastrar dados das embalagens e seus processos correspondentes com a devida identificação, assegurando à correspondência do embalado com os documentos que contenham as informações sobre o produto de acordo com Norma CNEN NN-6.09; e, os embalados devem ter registros de suas características físicas, químicas, radiológicas, mecânicas, procedência e

as demais informações conforme item 5.4.2 da Norma CNEN NN-6.09.

Identificação do embalado

Identificação do rejeito

Categoria do rejeito

Processo de tratamento aplicado (Transformação química | Remoção de materiais inertes | Inclusão em materiais sólidos de grande durabilidade | Acondicionamento em embalagens de alto desempenho | Não Tratado)

Nome Instituto CNEN

Sigla Instituto CNEN

Nome da instalação de origem (Num. Registro CNEN ou CNPJ)

Tipo da embalagem (recipiente metálico | caixa de papelão | recipiente plástico | recipiente de vidro | outros)

Descrição da embalagem - outros

Peso do conteúdo (kg)

Peso da embalagem vazia (kg)

Peso total do embalado (kg)

Volume do conteúdo (m³)

Volume total do embalado (m³)

Nível de radiação na superfície (μSv/h)

Nível de radiação a 1 metro da superfície (μSv/h)

Data Acondicionamento

Data Armazenamento

Observação

V.1.2.4. Cadastrar dados de armazenamento e disposição final. O local da instalação destinado ao armazenamento provisório de rejeitos deve ser selecionado conforme os requisitos da subseção 5.5 da Norma CNEN-NE 6.05. Registro dos controles de acordo com os critérios gerais estabelecidos pela seção 4 da Norma CNEN NN-6.09, para os processos ou embalagens, de acordo com aplicação, para aceitação de rejeitos, para fins de deposição. Registro dos controles de acordo com as características para deposição aplicadas ao rejeito, ao produto, à embalagem e ao embalado, estabelecidas pela seção 5 da Norma CNEN NN-6.09.

Identificação do rejeito

Identificação do embalado

Nome Instituto

Sigla Instituto

Nome depósito

Descrição da localização do recipiente

Data Armazenamento

Atividade total (Bq)

Massa (kg)

Volume (litro)

Observação

V.1.3. Gestão dos Institutos CNEN responsáveis pela gerência de rejeitos radioativos:

Este módulo tem como objetivo processar os dados cadastrais dos institutos responsáveis pela gerência de rejeitos radioativos e suas instalações. A identificação do Instituto CNEN e de suas instalações integrada à identificação do rejeito radioativo é utilizada nos processos relacionados à gerência do rejeito radioativo, possibilitando identificar os processos aplicados, a localização e situação de utilização dos rejeitos radioativos.

V.1.3.1. Cadastrar dados dos institutos responsáveis pela gerência de rejeitos radioativos:

- Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN) da CNEN, em Belo Horizonte, MG;
- Instituto de Engenharia Nuclear (IEN) da CNEN, no Rio de Janeiro, RJ;

- Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) da CNEN, em São Paulo, SP.

Nome Instituto
Endereço Bairro Cidade Sigla Instituto UF CEP
Telefone
Órgão responsável pela gerência de rejeitos radioativos
Responsável pela gerência de rejeitos radioativos

V.1.3.2. Cadastrar dados das instalações de tratamento, acondicionamento e armazenamento dos institutos responsáveis pela gerência de rejeitos radioativos:

Nome Instituto Sigla Instituto
Tipo Instalação (tratamento | acondicionamento | armazenamento)
 Tipo Depósito (Inicial | Intermediário | Provisório | Final)
 Nome depósito
 Tipo de construção
 Estágio de funcionamento
 Data Início funcionamento
 Capacidade de armazenamento (m³)
 Taxa de ocupação

Nome Instalação
Descrição Instalação

V.1.4. Gestão do controle regulatório de rejeitos radioativos: Este módulo tem como objetivo processar os dados referentes ao controle regulatório dos rejeitos radioativos e radionuclídeos, como: transferências; controle do inventário de radionuclídeos conforme Norma 6.05, Anexo C; e relação da documentação (normas, padrões e recomendações) adotada na gerência e controle de rejeitos radioativos.

V.1.4.1. Manter os dados de transferências atualizados, descrevendo a procedência e destino do rejeito radioativo.

Identificação do rejeito
Descrição da transferência
Finalidade da transferência (Tratamento | Acondicionamento | Armazenamento | Descarte | Aluguel | Empréstimo | Doação)
Prazo Aluguel ou Empréstimo
Justificativa da transferência

Rejeito Líquido

Rejeito Sólido

Fonte Selada

Pára-raios

Detetor de Fumaça

Outro

Descrição Outro

Quantidade dispositivo

Quantidade fonte selada por dispositivo

Quantidade total fonte selada

Situação da fonte selada (sem previsão de reutilização | com previsão de reutilização | sob avaliação)

De

Nome da instalação (Num. Registro CNEN ou CNPJ)

Endereço

Bairro

Cidade

UF

CEP

Telefone

Responsável pela radioproteção

Para

Nome da instalação (Num. Registro CNEN ou CNPJ)

Endereço

Bairro

Cidade

UF

CEP

Telefone

Responsável pela radioproteção

Número Autorização CNEN

Data Transferência

Observação

V.1.4.2. Manter dados referentes ao controle do inventário de radionuclídeos, conforme Norma 6.05, Anexo C, abrangendo processos da aquisição, utilização e eliminação de radionuclídeos. Os dados de eliminação de rejeitos estão condicionados à obtenção de parecer favorável da CNEN, com base na análise técnica dos fatores ambientais pertinentes, e aos requisitos, do Anexo D, Tabela 6 da Norma CNEN NE-6.05.

Identificação da instalação

Radionuclídeo alfa	Meia vida	Classe Radiotoxicidade	Atividade inicial (Bq)	Data inicial	Atividade atual (Bq)	Data atual

Radionuclídeo beta e/ou gama	Meia vida	Classe Radiotoxicidade	Atividade inicial (Bq)	Data inicial	Atividade atual (Bq)	Data atual

Atividade adquirida (Bq)

Data aquisição

Massa adquirida (kg)

Volume adquirido (litro)

Atividade utilizada (Bq)

Data utilização

Massa utilizada (kg)

Volume utilizado (litro)

Massa atual (kg)

Volume atual (litro)

__ Eliminação Rede de lixo

__ Eliminação Rede de esgoto

Data eliminação

Atividade total eliminada(Bq)

Massa eliminada (kg)

Volume eliminado (litro)

Total liberado diário (Bq)

Total liberado mensal (Bq)

Total liberado anual (Bq)

Atividade armazenada (Bq)

Data armazenagem

Massa armazenada (kg)

Volume armazenado (litro)

Total armazenado (Bq)

Total armazenado (kg)

Total armazenado (litro)

V.1.4.3. Informações adicionais: relação da documentação (normas, padrões e recomendações) adotada na gerência e controle de rejeitos radioativos.

Tipo de documentação (Lei | Decreto | Norma | Padrão | Recomendação | Relatório Técnico | Prática)

Procedência (Governo Federal | CNEN | IAEA | ICRP | Outra)

Título

Número de Referência
Data Publicação
Observação

V.1.5. Gestão dos dados de apoio: Este módulo tem como objetivo processar os denominados, dados de apoio, que são parâmetros, determinados por normas, leis, recomendações, etc e são utilizados nos demais módulos do SICORR. O cadastro desses dados em um único módulo possibilita sua aplicação em diversos módulos e flexibiliza as atualizações e o acompanhamento das frequentes mudanças e alterações desses parâmetros.

V.1.5.1. Manter dados do grupo de classificação da instalação radiativa de acordo com a seção 4 da Norma CNEN NE-6.02, conforme apresentada em tabela abaixo.

Nome do Grupo de classificação
Tipo de instalação dos radionuclídeos
Descrição do grupo de classificação

Grupo Classificação	Uso Instalação	Descrição do Grupo de Classificação
Grupo I	Fonte selada	Instalações que utilizam fontes seladas de grande porte em processos industriais induzidos por radiação
Grupo II		Instalações que utilizam fontes seladas em equipamentos para fins de radioterapia ou radiografia industrial
Grupo III		Instalações que utilizam fontes seladas para fins outros que não os citados no Grupo I e Grupo II
Grupos IV Grupos V Grupos VI	Fonte não selada	Instalações onde se manipulam, utilizam ou se armazenam radionuclídeos que dependem da classe dos radionuclídeos, condições de trabalho e limites de atividade total como parâmetros para classificação de acordo com a Norma CNEN 6.02
Grupo VII		Instalações que utilizam radionuclídeos como traçadores, exceto para uso médico
Grupo VIII		Instalações que utilizam equipamentos ou dispositivos com fontes não seladas incorporadas, incluindo-se os casos em que são somente operadas, sem acesso à fonte propriamente dita.
Grupo IX	Acelerador de partículas	Instalações que utilizam aparelhos de raios X ou aceleradores de partículas de grande porte
Grupo X		Instalações que utilizam aparelhos não citados no Grupo IX

V.1.5.2. Manter dados de categorias de classificação dos rejeitos, segundo os parâmetros: estado físico, natureza da radiação, concentração e nível de radiação, conforme seção 4 da Norma CNEN NE-6.05.

Estado Físico: Líquido Sólido Gasoso

Emissores: alfa beta gama

Indicador de emissor alfa (Sim | Não)

Limite inferior de Concentração (Bq/m³ | Ci/m³)

Limite superior de Concentração (Bq/m³ | Ci/m³)

Limite inferior da Nível de Radiação na superfície (µSv/h)

Limite superior da Nível de Radiação na superfície (µSv/h)

Nome da Categoria

Sigla da Categoria

V.1.5.3. Manter dados das classes de radiotoxicidade dos radionuclídeos, conforme Anexo Norma CNEN 6.02.

Sigla da Classe (A | B | C | D)

Nome da Classe de radiotoxicidade (Muito Alta | Alta | Relativa | Baixa)

Identificação do radionuclídeo (Sigla + Número Atômico + Número da Massa)

V.1.5.4. Manter dados cadastrais dos radionuclídeos.

Sigla do radionuclídeo

Nome do radionuclídeo
Número atômico do radionuclídeo
Número de massa do radionuclídeo
Tipo(s) de radiação(ões) que o radionuclídeo emite (alfa | beta | gama)
Meia vida do radionuclídeo

V.1.5.5. Manter dados cadastrais das características dos rejeitos radioativos.

Nome do tipo do rejeito radioativo (Fonte Selada | Pára-raios | Detetor de Fumaça | Líquido | Sólido | Outro)

Sigla do tipo do rejeito radioativo (FS | PR | DF | LQ | SL | OU)

Situação da Fonte Selada (Sem previsão de reutilização | Com previsão de reutilização | Sob avaliação)

Situação do rejeito radioativo (Não recolhido | Não processado | Tratado | Acondicionado | Armazenado | Eliminado | Transferido)

Indicador da toxicidade química (baixa | média | alta)

Indicador de pH do rejeito radioativo (ácido | alcalino | neutro)

Indicador das características químicas do rejeito radioativo (putrescível | patogênico | explosividade | inflamável | não inflamável | piroforicidade | corrosividade | incinerável | não incinerável)

Indicador da natureza química do rejeito radioativo (orgânico | inorgânico)

Indicador da característica combustível do rejeito radioativo

Nome do material sólido combustível (pequenas peças | sucata metálica | vidros | entulho | fonte selada | outros)

Nome do material sólido não combustível (papel | plástico | PVC | carcaças | madeira | filtros | outros)

Nome do material líquido combustível (óleo | líquido de cintilação | solvente orgânico | outros)

Nome do material líquido não combustível (solução aquosa | lama | concentrado | solvente inorgânico | outros)

Indicador compactável do rejeito radioativo

Nome do material compactável (Lã de vidro | Luva | Mangueira | Papel | Papelão | Plástico | Tecido | Peças plásticas | Isopor | Borracha compactável | Algodão | Esponja de aço | Serragem | Paviflex | Outros)

Nome do material não compactável (Barrica duratex | Cerâmica | Frasco de polietileno | Madeira | Microesferas | Pastilhas | Refratário | Resina troca iônica | Corpos de prova de cimento e concreto | Sucata de metal | Vidraria | Pó | Grafite | Areia | Vermiculita | Borracha não compactável | Acrílico | PVC | Fio | Equipamento | Bombona | Carvão ativado | Gesso | Terra | Entulho | Fonte | Pára-raios | Detetor de fumaça | Fita de Am 241 | Outros)

V.1.5.6. Manter dados cadastrais dos processos aplicados aos rejeitos radioativos.

Tipo de medida utilizada (medida | estimativa | certificado)

Tipo de tratamento aplicado no rejeito radioativo (Transformação química | Remoção de materiais inertes | Inclusão em materiais sólidos de grande durabilidade | Acondicionamento em embalagens de alto desempenho | Não Tratado)

Finalidade da transferência do rejeito radioativo (Tratamento | Acondicionamento | Armazenamento | Descarte | Aluguel | Empréstimo | Doação)

Tipo da embalagem (recipiente metálico | caixa de papelão | recipiente plástico | outros)

Tipo da rede utilizada para eliminação (lixo | esgoto)

V.1.5.7. Manter dados cadastrais das instalações do Instituto CNEN.

Tipo da instalação do Instituto CNEN (Tratamento | Acondicionamento | Armazenamento)
Tipo do depósito da instalação do Instituto CNEN (Inicial | Intermediário | Provisório | Final)

V.1.5.8. Manter dados cadastrais das áreas de aplicação das instalações radiativas.

Nome da área da instalação de origem/geradora do rejeito radioativo (Medicina | Indústria | Pesquisa | Ensino | Comércio | Outras)

Nome da subárea da instalação de origem/geradora do rejeito radioativo

Área “Medicina” (diagnóstico | in vivo | in vitro | terapia)

V.1.5.9. Manter dados cadastrais das Unidades da Federação: sigla e nome da Unidade da Federação, conforme tabela abaixo.

Sigla UF	Nome UF	Sigla UF	Nome UF	Sigla UF	Nome UF
AC	Acre	MA	Maranhão	RJ	Rio de Janeiro
AL	Alagoas	MG	Minas Gerais	RN	Rio Grande do Norte
AM	Amazonas	MS	Mato Grosso do Sul	RO	Rondônia
AP	Amapá	MT	Mato Grosso	RR	Roraima
BA	Bahia	PA	Pará	RS	Rio Grande do Sul
CE	Ceará	PB	Paraíba	SC	Santa Catarina
DF	Distrito Federal	PE	Pernambuco	SE	Sergipe
ES	Espírito Santo	PI	Piauí	TO	Tocantins
GO	Goiás	PR	Paraná		

V.1.6. Gestão de usuários: Este módulo tem como objetivo processar os dados permissão de acesso de usuários ao SICORR. Os dados cadastrais do usuário (nome e login) são vinculados ao perfil do usuário (as funções exercidas pelo usuário no SICORR) e ao acesso às funcionalidades do SICORR (módulos).

V.1.6.1. Cadastro do usuário: Os dados cadastrais do usuário do SICORR são nome do usuário e login, que pode ser utilizado o número da matrícula do usuário na CNEN.

Nome usuário

Login

Senha

V.1.6.2. Cadastro do perfil e vinculação do usuário ao perfil: Cadastro do perfil, que corresponde à função exercida pelo usuário no SICORR e a vinculação do usuário ao perfil.

Nome usuário

Login

Senha

Perfil

Gestor do Controle Rejeito Radioativo

Gestor Gerência Rejeito Radioativo

Gestor Instalação Radiativa

V.1.6.3. Cadastro da funcionalidade e vinculação do perfil à funcionalidade: Cadastro da funcionalidade, que corresponde ao módulo do SICORR e a vinculação do perfil do usuário à funcionalidade.

Nome perfil

Funcionalidade

Gestão das instalações radiativas

Gestão dos rejeitos radioativos

Gestão dos Institutos CNEN responsáveis pela gerência de rejeitos radioativos

Gestão do controle regulatório de rejeitos radioativos

Gestão dos dados de apoio

Gestão de usuários

__ Emissão de relatórios elaborados por pesquisa

__ Emissão de relatórios padronizados de acordo com Normas da CNEN

V.1.7. Emissão de relatórios elaborados por pesquisa: Emissão de relatórios a partir da seleção de parâmetros relacionados.

V.1.7.1. Ficha cadastral para instalação radiativa

Nome da instalação

CNPJ

Endereço

Bairro

Cidade

UF

CEP

Telefone/FAX

e-mail

Autorização operação instalação (Sim | Não)

Data validade da autorização

Número de Registro CNEN

Nome do responsável pela radioproteção

Supervisor de Radioproteção (Sim | Não)

Data validade de certificação SR

Área: (Medicina (diagnóstico | in vivo | in vitro | terapia | ambos) | Indústria | Pesquisa | Ensino | Comércio | Outras)

Descrição Área - Outras

Grupo de Classificação (Grupo I | Grupo II | Grupo III | Grupos IV, V e VI | Grupo VII | Grupo VIII | Grupo IX | Grupo X)

V.1.7.2. Ficha cadastral para os institutos responsáveis pela gerência de rejeitos radioativos

Nome Instituto

Sigla Instituto

Endereço

Bairro

Cidade

UF

CEP

Telefone

Órgão responsável pela gerência de rejeitos radioativos

Responsável pela gerência de rejeitos radioativos

Tipo Instalação (tratamento | acondicionamento | armazenamento)

Tipo Depósito (Inicial | Intermediário | Provisório | Final)

Nome depósito

Tipo de construção

Estágio de funcionamento

Tempo de funcionamento

Capacidade de armazenamento (m³)

Taxa de ocupação

Nome Instalação

V.1.7.3. Localização de rejeitos radioativos

Nome Instituto

Sigla Instituto

Identificação do rejeito

Situação do rejeito (Não processado | Tratado | Acondicionado | Armazenado | Eliminado | Transferido)

Data da situação

Identificação do embalado

Tipo Instalação (tratamento | acondicionamento | armazenamento)

Nome Instalação

Nome depósito

Descrição da localização do recipiente

Data Armazenamento

Atividade total (Bq)

Massa (kg)

Volume (litro)

V.1.7.4. Identificação de rejeitos radioativos. Consulta por instalação de origem; por Instituto; por data de coleta/recolhimento; pelas características físicas e/ou químicas e/ou radiológicas e pelas características da fonte selada.

a) Origem do rejeito

Identificação do rejeito

Instalação de origem (Num. Registro CNEN ou CNPJ)

Nome Instituto

Sigla Instituto

Data solicitação coleta

Responsável recebimento/coleta

Data recebimento/coleta

Identificação do rejeito

b) Caracterização do rejeito

Identificação do rejeito

Descrição da operação geradora

Descrição sobre o manuseio seguro

Massa inicial (kg)

Volume inicial (litro)

Estado Físico

Sólido

Não combustível (pequenas peças | sucata metálica | vidros | entulho | fonte selada | outros). Descrição.

Combustível (papel | plástico | PVC | carcaças | madeira | filtros | outros). Descrição.

incinerável não incinerável

orgânico inorgânico

putrescível patogênico

Material compactável (Lã de vidro | Luva | Mangueira | Papel | Papelão | Plástico | Tecido | Peças plásticas | Isopor | Borracha compactável | Algodão | Esponja de aço | Serragem | Paviflex | Outros)

Material não compactável (Barrica duratex | Cerâmica | Frasco de polietileno | Madeira | Microesferas | Pastilhas | Refratário | Resina troca iônica | Corpos de prova de cimento e concreto | Sucata de metal | Vidraria | Pó | Grafite | Areia | Vermiculita | Borracha não compactável | Acrílico | PVC | Fio | Equipamento | Bombona | Carvão ativado | Gesso | Terra | Entulho | Fonte | Pára-raios | Detetor de fumaça | Fita de Am 241 | Outros)

Líquido

Não combustível (solução aquosa | lama | concentrado | solvente inorgânico | outros). Valor do pH. Descrição.

Combustível (óleo | líquido de cintilação | solvente orgânico | outros). Descrição.

orgânico inorgânico

ácido alcalino

inflamável não inflamável

explosividade piroforicidade

corrosividade toxicidade química

Descrição da composição química

Fonte Selada Pára-raios Detetor de Fumaça Outro
Descrição Outro
Quantidade dispositivo Quantidade fonte selada por dispositivo
Quantidade total fonte selada
Situação da fonte selada (sem previsão de reutilização | com previsão de reutilização | sob avaliação)

c) Radionuclídeos presentes no rejeito

Radionuclídeo alfa	Meia vida	Classe Radiotoxicidade	Atividade inicial (Bq)	Data inicial	Atividade atual (Bq)	Data atual

Radionuclídeo beta e/ou gama	Meia vida	Classe Radiotoxicidade	Atividade inicial (Bq)	Data inicial	Atividade atual (Bq)	Data atual

Atividade (Bq): medida estimativa certificado
Num Certificado N° de série

V.1.7.5. Tratamento aplicado em rejeitos radioativos.

Nome Instituto Sigla Instituto

Identificação do rejeito

Processo de tratamento aplicado

- Transformação química
- Remoção de materiais inertes
- Inclusão em materiais sólidos de grande durabilidade
- Acondicionamento em embalagens de alto desempenho
- Não Tratado

Descrição do processo de tratamento aplicado

Data do tratamento

V.1.8. Emissão de relatórios padronizados de acordo com Normas da CNEN: Emissão de relatórios padronizados, pré-determinados, de acordo com as exigências das Normas da CNEN.

V.1.8.1. Requerimento para transferência de fonte radioativa e/ou equipamento gerador de radiação ionizante (RTR)

Dados das entidades solicitantes

De: Razão Social - Endereço - Registro CNEN - Responsável - Certificação/Registro

Para: Razão Social - Endereço - Registro CNEN - Responsável - Certificação/Registro

Tipos de aquisição ou transferência

Aluguel - Empréstimo - Doação

Prazo do aluguel ou empréstimo (Dias - Meses)

Justificativa de transferência

Descrição

Fonte Radioativa

Radioisótopo

N° de série

Atividade (Bq)

Data

Certificado da fonte selada

Assinaturas

DE

Nome

Assinatura

Data

PARA

Nome

Assinatura

Data

AUTORIZAÇÃO CNEN

Nº Permissão

Nome

Assinatura

Data

V.1.8.2. Ficha de identificação de rejeitos contidos em recipiente (Anexo A da Norma CNEN NE-6.05).

Nome da instalação

Responsável pela radioproteção

Identificação do rejeito

Quantidade de rejeito:

Volume (m³)

Massa (kg)

Sólido não combustível

Pequenas peças

Sucata metálica

Vidros

Descrição

Entulho

Fonte selada

Outros (especificar)

Sólido Combustível

Papel

Plástico

Carcaças

Descrição

PVC

Madeira

Filtros

Outros (especificar)

Líquido não combustível

Solução aquosa

Lama

Outros (especificar)

Descrição

Concentrado

Solvente inorgânico

Valor do pH

Líquido combustível

Óleo

Líquido de cintilação

Descrição.

Solvente orgânico

Outros (especificar)

Atividade (Bq)

Alfa

Beta e/ou Gama

Verificada em:

Através de: Medida

Estimativa

Radionuclídeos presentes no rejeito

Nuclídeo alfa	Atividade (Bq)	Nuclídeo beta e/ou gama	Atividade (Bq)

Embalagem

Tipo da embalagem	Massa Conteúdo (kg)	Volume Conteúdo (m ³)	Massa Embalagem Vazia (kg)	Nível Radiação Superfície (μSv/h)	Nível Radiação a 1 metro Superfície (μSv/h)
<input type="checkbox"/> Recipiente metálico <input type="checkbox"/> Caixa de papelão <input type="checkbox"/> Recipiente Plástico <input type="checkbox"/> Outros Especificar:					

Assinatura do responsável pela radioproteção

Data:

V.2. Aspectos da especificação e análise do SICORR

Os documentos com os resultados do trabalho de especificação e análise estão em anexo, *Proposta de Especificação de Software (PESw)* e *Especificação de Requisitos de Software (ERSw)*, cumprindo assim, as fases propostas no Capítulo III - Metodologia, definindo o projeto conceitual e lógico e a especificação do SICORR.

Nesse item, os resultados são apresentados em formato gráfico e abordando os aspectos do trabalho de especificação e análise realizada para a concepção do SICORR, de acordo com os documentos *PESw* e *ERSw*.

V.2.1. Documento *Proposta de Especificação de Software (PESw)*

O documento *PESw* é resultado das primeiras atividades de levantamento de requisitos, na fase de Concepção. Contém objetivos principal e específicos do produto; descrição da situação atual referentes a sistemas e usuários; delimitação do escopo; as principais funções e descrição dos processos. As informações foram coletadas com os usuários potenciais da DIREJ/CNEN.

V.2.2. Documento *Especificação de Requisitos de Software (ERSw)*

O documento *ERSw* contém a especificação de requisitos funcionais e não funcionais. Os requisitos funcionais descrevem as funções que o software deverá realizar em benefício dos usuários. Cada função é descrita por um caso de uso e a descrição dos fluxos dos casos de uso define os detalhes dos requisitos funcionais e as classes. Os requisitos não funcionais incluem os requisitos de desempenho, requisitos lógicos de dados, atributos de qualidade do software e as restrições ao desenho do software.

Os materiais de referência utilizados para elaboração da especificação dos requisitos são apresentados na Tabela 8.

TABELA 8 - Materiais de referência

Tipo do material	Referência bibliográfica
Entrevistas	Levantamento de dados com usuários das áreas, de controle regulatório e de gerência de rejeitos radioativos.
Normas CNEN	As referências estão na “Bibliografia” no corpo da Dissertação.
Documentos IAEA	As referências estão na “Bibliografia” no corpo da Dissertação.
Artigos técnicos	Publicações nacionais e internacionais especializadas, as referências estão na “Bibliografia” no corpo da Dissertação.

Tipo do material	Referência bibliográfica
Processo e padrões de documentação	PRocesso para Aplicativos eXTensíveis InterativoS (PRAXIS). PAULA FILHO, Wilson de Pádua. <i>Engenharia de software; fundamentos, métodos e padrões</i> . Rio de Janeiro: LTC, 2001.
Ferramenta de modelagem	Software <i>XDE</i> (Rational/IBM), versão <i>developer</i> .

Os diagramas e interfaces contidos no documento *ERS_w* foram gerados em uma ferramenta de modelagem (*XDE* - Rational/IBM) e são os resultados do trabalho de análise, que tem as premissas de:

- “Os conceitos relevantes do domínio do problema são modelados de forma precisa;
- Atingir um nível de detalhamento dos requisitos adequado para os programadores, para servir de base para o desenho, sem incluir detalhes de implementação;
- A qualidade dos requisitos é verificada pelos fluxos dos casos de uso, que representam as funções do software;
- Os casos de uso descrevem o comportamento esperado do software como um todo. Os diagramas de casos de uso descrevem os relacionamentos dos casos de uso entre si e com os atores, enquanto os fluxos descrevem os detalhes de cada caso de uso;
- As classes representam os conceitos do mundo da aplicação que sejam relevantes para a descrição mais precisa dos requisitos. Os diagramas de classes mostram os relacionamentos entre estas, e as especificações das classes descrevem os respectivos detalhes.” (PAULA FILHO, 2001, p. 91).

a) Diagrama de contexto

Inicialmente foi definido o escopo do sistema: principais funções e usuários potenciais. Para representar o levantamento dos requisitos e o escopo do sistema, foi utilizado o diagrama de contexto, Figura 1, que especifica os casos de uso, que são as representações de funções do sistema e os atores, que são as representações dos usuários que interagem com o sistema, a soma de todos os casos de uso é a imagem externa do sistema. Casos de uso são uma ferramenta essencial na captura de requisitos e no planejamento e controle de um projeto iterativo.

As definições dos papéis de usuários estão na Tabela 9, ressalta-se a importância dos atores referentes ao controle regulatório e à gerência de rejeitos radioativos, como pode ser conferido na especificação do sistema.

TABELA 9 - Descrição dos usuários do SICORR

Ator	Definição
Gestor das instalações radiativas	Responsável pelo processamento das informações das instalações radiativas, dados de apoio e emissão de relatórios no SICORR.
Gestor da gerência de rejeitos radioativos	Responsável pelo processamento das informações da gerência dos rejeitos radioativos e Institutos da CNEN, dados de apoio e emissão de relatórios no SICORR.
Gestor do controle regulatório	Responsável pelo processamento das informações do controle dos rejeitos radioativos, dados de apoio, gerência de usuários, emissão de relatórios e administração do SICORR.

O primeiro passo para estabelecer os casos de uso é a definição dos atores. Um ator é um papel que um usuário desempenha em relação ao sistema. Os atores desempenham os casos de uso. Um único ator pode desempenhar muitos casos de uso; um caso de uso pode ser desempenhado por vários atores. Um caso de uso é uma seqüência de passos que descreve uma interação entre os usuários e o sistema.

O fator principal na definição dos casos de uso é a compreensão dos casos de uso e os objetivos dos usuários que eles atingem, abrangendo o conceito de *evento externo*, que é a identificação dos fatos que ocorrem no meio ambiente e que interagem com o sistema exigindo uma resposta ou ação.

Os usuários tratam ou interagem com um sistema como um mecanismo do tipo estímulo/resposta, os estímulos e respostas são gerados pela ocorrência dos eventos. O estímulo, é a forma como o evento age sobre o sistema, é a consequência do fato de ter ocorrido um evento externo e a resposta, é o resultado gerado pelo sistema devido à ocorrência de um evento.

A maneira utilizada nesse trabalho, para identificar casos de uso foi pela modelagem conceitual com usuários, utilizando um script para auxiliar na elaboração do diagrama de caso de uso:

- Identificando os atores: os atores não fazem parte do sistema, eles representam qualquer coisa que necessite interagir com o sistema; os atores são identificados na declaração do problema e por entrevistas com os responsáveis. Questões utilizadas para auxiliar na identificação dos atores: Onde, na organização, o sistema será usado? Quem se beneficiará do sistema? Quem fornece informações ao sistema? Quem irá usar as informações? Quem irá suportar e manter o sistema? O sistema usa algum recurso externo? Um usuário representa diversos papéis? O sistema interage com outros sistemas?
- Identificando os casos de uso: Questões utilizadas para auxiliar na identificação dos casos de uso: Quais são as tarefas de cada ator? Qualquer ator irá criar, armazenar, mudar, apagar ou ler informações do sistema? Qualquer ator precisará informar ao sistema sobre mudanças externas? Quais comandos de utilização irão dar suporte ao sistema? Todas as exigências funcionais podem ser realizadas pelos comandos de utilização?

b) Interfaces de usuários

Os processos descritos no item V.1 correspondem aos casos de uso identificados na fase de análise, que significam as interações dos usuários com o sistema, e representados como itens do menu principal do SICORR, ilustrados no layout gráfico da interface do usuário, na Figura 2.

As interfaces do usuário para cada caso de uso foram detalhadas, definindo o layout gráfico, a descrição dos relacionamentos com outras interfaces, as propriedades dos itens da interface e dos comandos e as entradas e saídas do produto. Para exemplificar, a interface de usuário e caso de uso *Instalação radiativa* é descrita pela Figura 3 e pelas Tabelas 10, 11 e 12. Os detalhes dos demais casos de uso estão incluídos, no Anexo 2, no documento *ERSw*.

c) Diagrama hierárquico funcional

O diagrama hierárquico funcional, Figura 6, representa graficamente os processos de controle ou funções por hierarquia, ressaltando que esse diagrama não faz parte do processo de desenvolvimento PRAXIS, é uma complementação, para melhor compreensão da hierarquização das funções. Apresenta as ações essenciais que deverão ser executadas pelo sistema.

d) Diagrama de estado

Para os objetos *rejeitos radioativos* e *radionuclídeos*, foram desenhados diagramas de estados, conforme Figuras 4 e 5. O diagrama de estado descreve os estados possíveis em que um objeto pode estar e como o estado do objeto muda como resultado de eventos que o atingem, durante seu ciclo de vida. Exibem quais eventos provocam mudança de estado.

Diagramas de estado vêem objetos como máquinas de estado ou automatismos finitos que podem ser um de um conjunto de estados finitos e que podem mudar seu estado por um de um conjunto finito de estímulos. Estados são os blocos construídos dos diagramas de estado. Um estado pertence a uma classe e representa um resumo dos valores dos atributos que uma classe pode tomar

O objeto *rejeitos radioativos* pode estar em um dos seguintes estados de sua vida: identificado, caracterizado, identificado radionuclídeos e rejeito radioativo, tratado, identificado embalado e rejeito radioativo, acondicionado e armazenado. O objeto *radionuclídeos* pode estar em um dos seguintes estados de sua vida: identificado, vinculado radionuclídeo e instalação radiativa, adquirido, utilizado, armazenado e eliminado.

e) Diagrama de atividades

O diagrama de atividades mostra comportamentos com estrutura de controle, utilizado para descrever a seqüência de atividades, utilizando comportamento condicional e paralelo. Diagramas de atividade são sempre associados a classe ou casos de uso.

O diagrama de atividades pode representar o modelo de processo de negócio, ao utilizar raias, que representam os papéis (responsabilidades) de usuários envolvidos no referido processo. Os objetos situados sobre as fronteiras das raias representam objetos compartilhados entre os papéis. O diagrama de atividades da Figura 7 apresenta o comportamento dos objetos *instalação radiativa*, *rejeitos radioativos* e *radionuclídeos* em diversos casos de uso.

f) Diagrama de classes

O diagrama de classes apresentado na Figura 8 representa os objetos do sistema e os relacionamentos estáticos que existem entre eles, sob o ponto de vista da especificação, independente de aspectos de implementação de software. O desenvolvimento orientado a objeto põe muita ênfase na diferença entre interface e implementação, a chave para uma futura programação eficaz é programar para uma interface de classe em vez de fazer para sua implementação. As classes foram determinadas, principalmente, utilizando os fluxos dos casos de uso. A descrição de cada classe representada no diagrama está na Tabela 13.

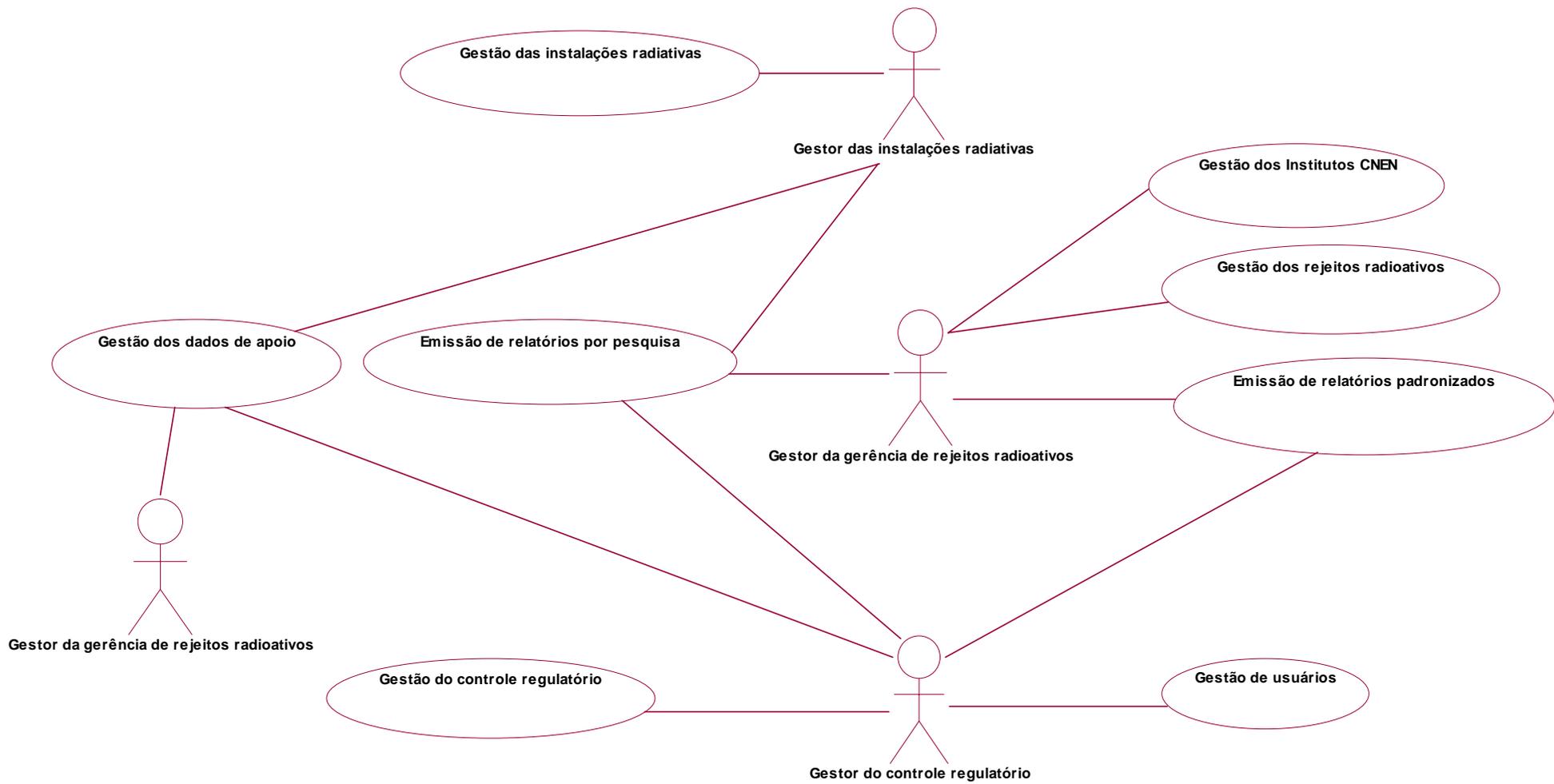


FIGURA 1 - Diagrama de contexto do SICORR.

Menu Principal

- Gestão de Instalação Radiativa
- Gestão dos Rejeitos Radioativos
- Gestão dos Institutos CNEN
- Gestão do Controle Regulatório
- Gestão dos Dados de Apoio
- Gestão de Usuários
- Emissão de Relatórios por Pesquisa
- Emissão de Relatórios Padronizados

FIGURA 2 - Tela do Menu Principal do SICORR.

Instalação Radiativa

Nome da Instalação Radiativa **CNPJ**

Endereço

Bairro **Cidade** **UF**

CEP **Telefone/FAX**

E-mail

Autorização operação **Data de validade** **Registro CNEN**
 SIM NÃO

Nome do responsável pela instalação

Supervisor radioproteção **Data de validade**
 SIM NÃO

Área **Subárea**

Descrição Área - Outras

Grupo de classificação **Tipo de utilização**

FIGURA 3 - Layout sugerido para a Interface de usuário *Tela de instalação radiativa*

TABELA 10 - Descrição dos campos da interface de usuário *Tela de instalação radiativa*

Número	Nome	Descrição	Formato / Domínio	Restrições
1	Nome da Instalação	Nome da instalação de origem/geradora do rejeito radioativo	Caracteres alfanuméricos (200)	Obrigatório. Alterável.
2	CNPJ	Identificador único da instalação de origem/geradora do rejeito radioativo. O CNPJ da instalação	Caracteres alfanuméricos (14). Identificador primário (PK)	Obrigatório. Rotina de verificação de CNPJ
3	Endereço	Nome, número e complemento do logradouro da instalação de origem/geradora do rejeito radioativo	Caracteres alfanuméricos (200) + Caracteres alfanuméricos (5) + Caracteres alfanuméricos (30)	Obrigatório. Alterável.
4	Bairro	Nome do bairro da instalação de origem/geradora do rejeito radioativo	Caracteres alfanuméricos (100)	Obrigatório. Alterável.
5	Cidade	Nome da cidade da instalação de origem/geradora do rejeito radioativo	Caracteres alfanuméricos (200)	Obrigatório. Alterável.
6	UF	Sigla da Unidade da Federação	Caracteres alfanuméricos (2)	Obrigatório. Dados provenientes da “Tela dos dados cadastrais das Unidades da Federação”
7	CEP	Número do CEP da instalação de origem/geradora do rejeito radioativo	Caracteres alfanuméricos (8) Máscara: 99999-999	Obrigatório. Alterável.
8	Telefone/Fax	Número do DDD e do telefone da instalação de origem/geradora do rejeito radioativo	Caracteres alfanuméricos (10) Máscara: (99) 9999-9999	Alterável.
9	E-mail	Nome do endereço eletrônico de contato da instalação.	Caracteres alfanuméricos (100)	Alterável.
10	Autorização operação Instalação	Indicativo de autorização para operação da instalação	Caracteres alfanuméricos (3). Discreto (Sim Não)	Obrigatório.
11	Data validade da autorização	Data de autorização para operação da instalação	Caracteres numéricos data (dd/mm/aaaa)	Obrigatório, se a Autorização for “Sim”
12	Número Registro CNEN	Número de Registro CNEN da instalação	Caracteres alfanuméricos (11)	Rotina de verificação do Registro CNEN
13	Nome do responsável pela instalação	Nome responsável pela instalação de origem/geradora do rejeito radioativo.	Caracteres alfanuméricos (100)	Obrigatório.
14	Supervisor de radioproteção	Indicativo de supervisor de radioproteção	Caracteres alfanuméricos (3) Discreto (Sim Não)	Obrigatório.
15	Data validade Certificação SR	Data de autorização para supervisor de radioproteção.	Caracteres numéricos data (dd/mm/aaaa)	Obrigatório, se o Supervisor for “Sim”
16	Área	Nome da área da instalação de origem/geradora do rejeito radioativo	Caracteres alfanuméricos (200) Discreto (Medicina Indústria Pesquisa Ensino Comércio Outras)	Obrigatório. Dados provenientes da “Tela dos dados cadastrais das áreas de aplicação das instalações radiativas”.
17	Descrição da área - outras	Descrição da área da instalação de origem/geradora do rejeito radioativo.	Caracteres alfanuméricos texto	Alterável. Obrigatório, se a Área for “Outras”.
18	Subárea	Nome da subárea da instalação de origem/geradora do rejeito radioativo.	Caracteres alfanuméricos (200)	Informado pelo sistema, após a seleção da Área.
19	Grupo de classificação	Nome do grupo de classificação da instalação, conforme Norma CNEN 6.02.	Caracteres alfanuméricos (10) Discreto (Grupo I Grupo II Grupo III Grupo IV Grupo V Grupo VI Grupo VII Grupo VIII Grupo IX Grupo X)	Obrigatório. Dados provenientes da “Tela dos dados do grupo de classificação da instalação radiativa”.
20	Tipo de utilização dos radionuclídeos	Tipo de utilização dos radionuclídeos nas instalações de acordo com a classificação da Norma CNEN 6.02	Caracteres alfanuméricos (80) Discreto (fonte selada fonte não selada acelerador de partículas)	Informado pelo sistema, após a seleção do “Grupo de classificação”.
<p>Relacionamentos com outras interfaces - Interface de usuário <i>Tela de instalação radiativa</i> Tela dos dados do grupo de classificação da instalação radiativa. Tela dos dados cadastrais das áreas de aplicação das instalações radiativas. Tela dos dados cadastrais das Unidades da Federação. O comando <i>Principal</i> retorna à Tela do menu principal. O comando <i>Sair</i> finaliza o sistema.</p>				

TABELA 11 - Descrição dos comandos da interface de usuário *Tela de instalação radiativa*

Número	Nome	Ação	Restrições
1	Incluir	Insere um novo registro de instalação radiativa.	Sempre habilitado, com confirmação quando houver risco de perda de dados.
2	Alterar	Altera dados de instalação radiativa.	Sempre habilitado, com confirmação quando houver risco de perda de dados.
3	Excluir	Exclui um registro de instalação radiativa.	Sempre habilitado, com confirmação quando houver risco de perda de dados.
4	Pesquisar	Recupera dados de instalação radiativa a partir da entrada de um ou mais parâmetros.	Sempre habilitado.
5	Confirmar	Registra os dados de acordo com a operação escolhida (incluir excluir alterar).	Sempre habilitado, com confirmação quando houver risco de perda de dados.
6	Cancelar	Cancela a operação escolhida (incluir excluir alterar) e retorna à Tela do menu principal.	Sempre habilitado.
7	Principal	Fecha esta interface e retorna à Tela do menu principal.	Sempre habilitado, com confirmação quando houver risco de perda de dados.
8	Sair	Fecha esta interface e finaliza o sistema.	Com confirmação.

TABELA 12 - Detalhamento do Caso de uso *Gestão das instalações radiativas*

Precondições	
O SICORR está no Modo de Gestão.	
Fluxo Principal	
1. O SICORR exibe a Tela do menu principal. 2. O usuário seleciona o subfluxo: Tela de instalação radiativa. 3. O usuário seleciona <i>sair</i> para fechar esta interface e finalizar o SICORR.	
Subfluxo << Tela de instalação radiativa >>	
1. O usuário seleciona um dos comandos que deseja executar: <i>incluir</i> para inserir uma nova instalação radiativa ou <i>alterar</i> para alterar dados de uma instalação radiativa existente ou <i>excluir</i> para excluir uma instalação radiativa existente ou <i>pesquisar</i> para executar uma consulta, a partir da entrada de um ou mais parâmetros. 2. O usuário seleciona <i>confirmar</i> para executar a operação escolhida ou <i>cancelar</i> para não executar a operação escolhida. 3. O usuário seleciona <i>principal</i> para fechar esta interface e retornar à Tela do menu principal. 4. O usuário seleciona <i>sair</i> para fechar esta interface e finalizar o SICORR.	
Fluxo alternativo << Inclusão de instalação radiativa >>	
Precondições	1. O usuário seleciona <i>incluir</i> para inserir uma nova instalação radiativa.
Passos	1. O usuário preenche os campos da Tela de instalação radiativa, atentando para os campos obrigatórios. O CNPJ deve ser válido, pois ele identifica a instalação radiativa. 2. O usuário seleciona <i>confirmar</i> para executar a inclusão. 3. O SICORR cadastra a instalação radiativa.
Fluxo alternativo << Alteração de instalação radiativa >>	
Precondições	1. O usuário seleciona <i>alterar</i> para alterar dados de uma instalação radiativa existente.
Passos	1. O usuário seleciona a instalação radiativa pelo CNPJ e/ou nome. 2. O usuário altera os campos desejados da Tela de instalação radiativa. O CNPJ não pode ser alterado, pois ele identifica a instalação radiativa. 3. O usuário seleciona <i>confirmar</i> para executar a alteração. 4. O SICORR altera os dados cadastrais da instalação radiativa.
Fluxo alternativo << Exclusão de instalação radiativa >>	
Precondições	1. O usuário seleciona <i>excluir</i> para excluir uma instalação radiativa existente.
Passos	1. O usuário seleciona a instalação radiativa pelo CNPJ e/ou nome. 2. O usuário seleciona <i>confirmar</i> para executar a exclusão. A instalação radiativa não poderá ser excluída se tiver vínculo com rejeito radioativo e/ou radionuclídeo. 3. O SICORR exclui a instalação radiativa.
Fluxo alternativo << Pesquisa de instalação radiativa >>	
Precondições	1. O usuário seleciona <i>pesquisar</i> para executar uma consulta, a partir da entrada de um ou mais parâmetros.
Passos	1. O usuário seleciona os dados (parâmetros) desejados de sua pesquisa. 2. O usuário seleciona <i>confirmar</i> para executar a pesquisa ou <i>cancelar</i> para não executar a pesquisa.

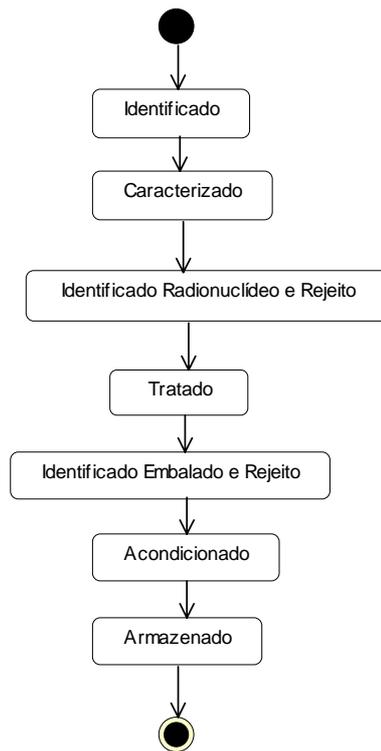


FIGURA 4 - Diagrama de Estado - Gestão de rejeitos radioativos

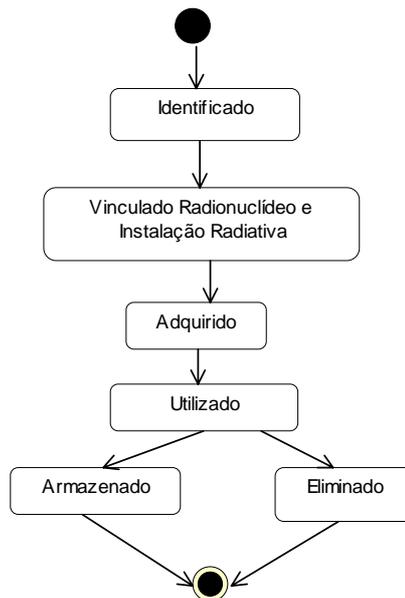


FIGURA 5 - Diagrama de Estado - Controle de inventário de radionuclídeos

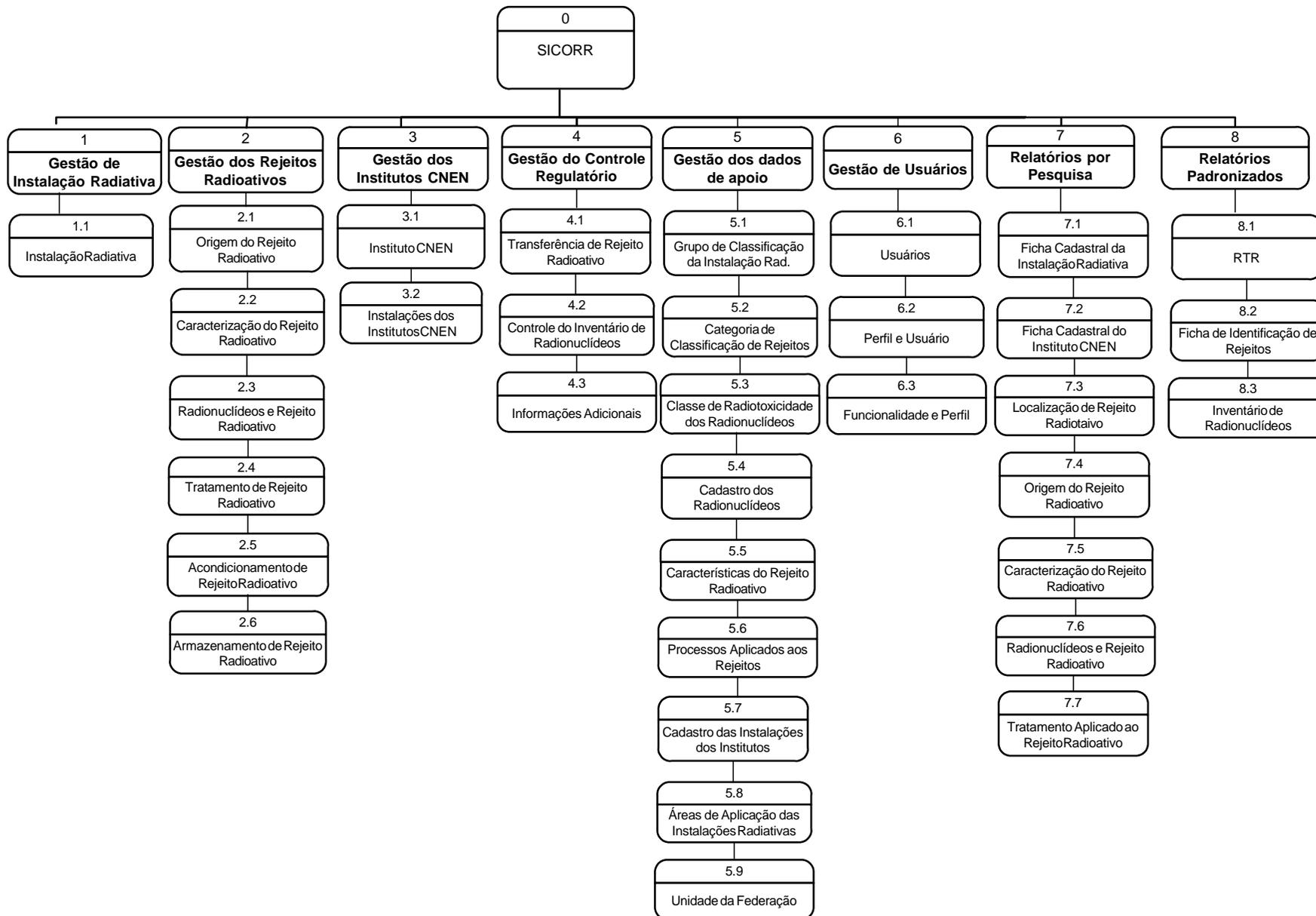


FIGURA 6 - Diagrama Hierárquico Funcional do SICORR

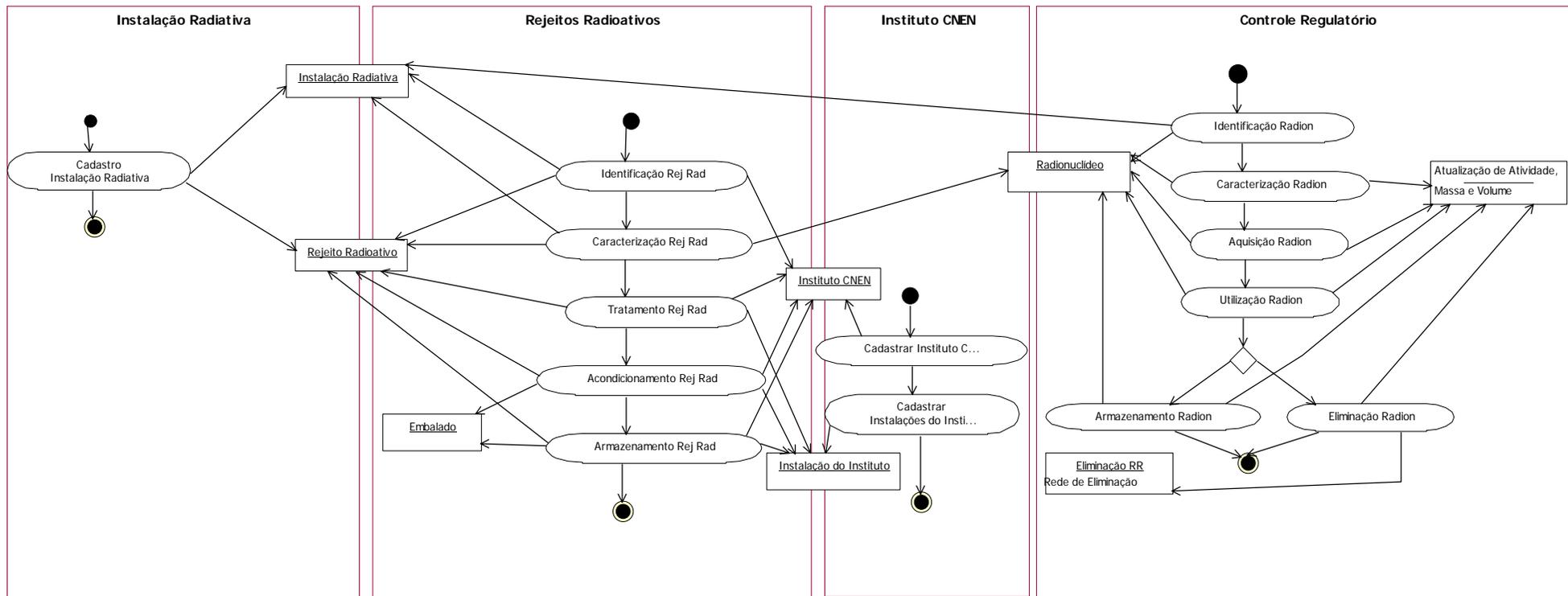


FIGURA 7 - Diagrama de atividades - Modelo de processo de negócio do SICORR.

TABELA 13 - Descrição das classes do SICORR.

Nome da Classe	Descrição
Área de aplicação	Informações cadastrais da área de aplicação da instalação de origem/geradora do rejeito radioativo.
Armazenamento	Informações do processo de armazenamento do rejeito radioativo.
Aquisição	Informações do processo de aquisição do radionuclídeo pela instalação radiativa.
Classe de radiotoxicidade	Informações cadastrais da classe de radiotoxicidade do radionuclídeo, conforme Anexo Norma CNEN 6.02.
Classificação da instalação	Informações cadastrais do grupo de classificação da instalação radiativa de acordo com a seção 4 da Norma CNEN NE-6.02
Categoria de rejeito radioativo	Informações cadastrais da categoria do rejeito radioativo, conforme seção 4 da Norma CNEN NE-6.05.
Depósito	Informações cadastrais do depósito da instalação do Instituto CNEN.
Documentação	Informações cadastrais da documentação utilizada pela gerência e controle de rejeito radioativo.
Eliminação	Informações do processo de eliminação do radionuclídeo pela instalação radiativa.
Embalado	Informações cadastrais e de processos do embalado.
Embalagem	Informações cadastrais da embalagem a ser utilizada para acondicionar rejeito radioativo.
Instalação radiativa	Informações cadastrais da instalação de origem/geradora do rejeito radioativo.
Instalação do Instituto CNEN	Informações cadastrais da instalação do Instituto CNEN.
Instituto CNEN	Informações cadastrais do Instituto CNEN responsável pela gerência dos rejeitos radioativos.
Radionuclídeo	Informações cadastrais e de processos do radionuclídeo.
Rejeito radioativo	Informações cadastrais e de processos do rejeito radioativo.
Responsável pela instalação	Informações cadastrais do responsável pela instalação de origem/geradora do rejeito radioativo.
Tipo de rejeito radioativo	Informações cadastrais de tipo do rejeito radioativo.
Transferência	Informações do processo de transferência do rejeito radioativo.
Tratamento	Informações do processo de tratamento aplicado ao rejeito radioativo
Unidade da Federação	Informações cadastrais da Unidade da Federação.
Usuário	Informações cadastrais do usuário, dos perfis do usuário e das funcionalidades do SICORR
Utilização	Informações do processo de utilização do radionuclídeo pela instalação radiativa.

V.3. Aspectos de integração dos processos de negócio

Nesse item, os resultados são abordados com o enfoque nos aspectos de integração dos processos de negócio resultantes do trabalho de especificação e análise.

O SICORR abrange as etapas de gerência e de controle regulatório relacionadas aos rejeitos radioativos, integrando os processos desde o recebimento/coleta até o armazenamento de rejeitos radioativos. As principais características do SICORR são:

- O módulo *gestão de rejeitos radioativos* abrange as operações de cadastro de rejeitos radioativos, sua vinculação com a instalação de origem e com o Instituto CNEN e o acompanhamento nos diversos estágios de processamento;
- O módulo *gestão de controle regulatório* abrange as operações relacionadas às atividades da DIREJ/CNEN, incluindo a transferência de rejeito radioativo, o controle do inventário de radionuclídeos e a atualização das referências da documentação;

- O módulo *gestão de instalação radiativa* abrange as operações de cadastro das instalações radiativas;
- O módulo *gestão dos Institutos CNEN* abrange as operações de cadastro dos Institutos CNEN e suas instalações;
- O módulo *gestão dos dados de apoio* abrange as operações de cadastro dos dados utilizados como padrões nos outros módulos;
- O módulo *gestão de usuários* abrange as operações de cadastro e acesso de permissão dos usuários;
- Os módulos *emissão de relatórios por pesquisa e emissão de relatórios padronizados* abrange as operações de geração e emissão de relatórios por pesquisa ou padronizados.

Os dados de processos dos rejeitos radioativos e dos radionuclídeos se referem às informações relativas às etapas de gerência de rejeitos radioativos realizados nos Institutos CNEN e às etapas relacionadas ao controle regulatório, de responsabilidade da DIREJ. A Figura 7, Modelo de processo de negócio do SICORR retrata a integração dessas informações:

- Na raia *Instalação Radiativa*, os dados cadastrais das instituições geradoras, dos responsáveis e das características das instalações são incluídos;
- Na raia *Rejeitos Radioativos*, o cadastro do rejeito radioativo (identificação) é integrado à Instalação Radiativa de origem e ao Instituto CNEN;
- Na raia *Instituto CNEN*, os dados cadastrais dos Institutos CNEN e suas instalações são incluídos;
- Na raia *Rejeitos Radioativos*, na caracterização do rejeito radioativo é identificado os radionuclídeos presentes no rejeito radioativo;
- Na raia *Rejeitos Radioativos*, as fases da gerência de rejeitos radioativos são registradas e vinculadas ao Instituto CNEN responsável e suas instalações utilizadas;
- Na raia *Controle Regulatório*, é representado os processos relacionados ao controle de inventário de radionuclídeos, que é integrado à Instalação Radiativa de origem e ao cadastro de radionuclídeos.

É importante ressaltar detalhes da especificação, que foram levantados a partir de requisitos obrigatórios de normas ou em entrevistas com usuários ou em pesquisa bibliográfica:

- Na caracterização do rejeito radioativo, a situação do rejeito radioativo pode ser acompanhada (data) de acordo com a fase do processamento que está sendo submetido, a saber: não recolhido; não processado; tratado; acondicionado; armazenado; eliminado e transferido. A situação “*não recolhido*” é para o rejeito que a coleta foi solicitada e ainda não efetuada. Se o rejeito radioativo for do tipo “fonte selada”, pode-se também acompanhar (por data) de acordo com a situação: sem previsão de reutilização; com previsão de reutilização e sob avaliação. Este acompanhamento possibilita o controle de reutilização ou reciclagem da fonte selada.
- Os tipos de rejeitos radioativos foram definidos pelo estado físico (sólido, líquido e gasoso) e pela especificação de cada tipo: fonte selada; pára-raios; detetor de fumaça; líquido; sólido e outro.
- O módulo de *gestão dos dados de apoio* é independente dos módulos de cadastro ou de processos das informações referentes à gerência e controle de rejeitos radioativos, com o objetivo de facilitar alterações de parâmetros que venham surgir em normas ou leis, tornando o sistema mais flexível ao trabalhar com requisitos vigentes à época de seu funcionamento, conforme Figura 9.
- O módulo de *gestão dos dados de apoio* mantém os dados cadastrais e históricos de: grupo de classificação da instalação radiativa; categorias de classificação de rejeitos; classes de radiotoxicidade dos radionuclídeos; cadastro de radionuclídeos; parâmetros aos rejeitos radioativos; às instalações dos Institutos CNEN; às áreas de aplicação das instalações radiativas e Unidades da Federação.
- A identificação do rejeito radioativo, vinculado à instalação radiativa de origem e ao Instituto CNEN responsável pela gerência; acompanha o rejeito radioativo em todas as etapas de processamento do rejeito radioativo (tratamento, acondicionamento, armazenamento e transferência), possibilitando a recuperação de informações integradas do respectivo rejeito radioativo, conforme Figura 10.
- A identificação do rejeito radioativo, vinculado à instalação radiativa de origem e à instalação do Instituto CNEN; e, aos dados de acondicionamento e armazenamento,

possibilita a recuperação de informação da localização do embalado que contém o rejeito radioativo, na instalação em que está armazenado, conforme Figura 10.

- O controle de variações do inventário de radionuclídeos atende à exigência da Norma CNEN NE-6.05, Anexo C.
- A identificação e caracterização do rejeito radioativo, o cadastro dos radionuclídeos e os dados do processo de acondicionamento (embalado e embalagem), possibilitam a recuperação de informações integradas para emissão do relatório *Ficha de identificação de rejeitos contidos em recipiente*, atendendo à exigência da Norma CNEN NE-6.05, Anexo A.
- A identificação e caracterização do rejeito radioativo, o cadastro das instalações radiativas e dados do processo de transferência, possibilitam a recuperação de informações integradas para emissão do relatório *Requerimento para transferência de fonte radioativa e/ou equipamento gerador de radiação ionizante (RTR)*, atendendo à exigência da Norma CNEN NE-6.02.
- O módulo *gestão de usuários* foi modelado para processar os dados de permissão de acesso de usuários ao SICORR, de acordo com o perfil (gestor instalação radiativa, gestor da gerência de rejeitos radioativos e gestor do controle regulatório) e com a funcionalidade do sistema que o referido perfil poderá acessar.

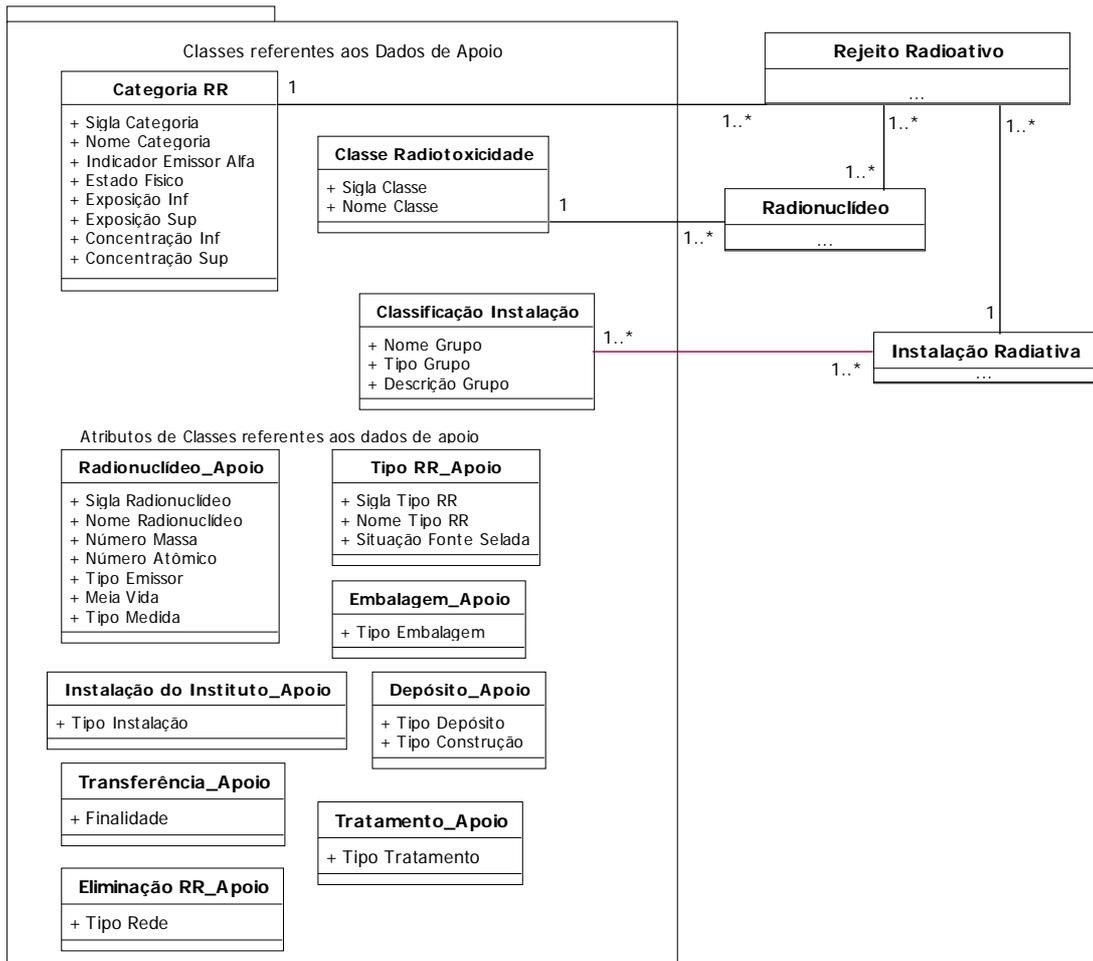


FIGURA 9 - Classes e atributos referentes aos dados de apoio

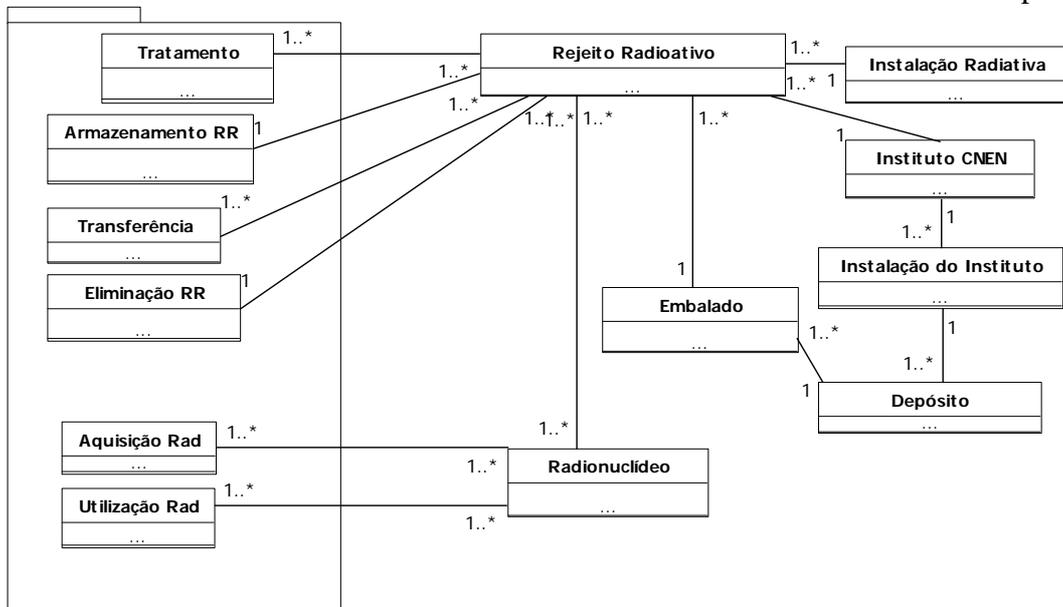


FIGURA 10 - Classes referentes aos processamentos de rejeito radioativo e de radionuclídeo

Capítulo VI - Conclusões

Conforme descrito no Capítulo I, Item I.3. Objetivos, o principal objetivo do SICORR é *“atender às necessidades do controle regulatório, no que concerne ao controle de inventário dos rejeitos radioativos provenientes de instalações radiativas”*. O controle de inventário dos rejeitos radioativos abrange o tratamento e integração de dados cadastrais e de processos dos rejeitos radioativos e dos radionuclídeos e de dados cadastrais das instalações radiativas e dos Institutos CNEN responsáveis pela gerência dos rejeitos radioativos.

A especificação do SICORR foi direcionada para as atividades relacionadas ao controle regulatório, tendo em vista que:

- Os dados relacionados aos processos de gerência dos rejeitos devem ser devidamente registrados, possibilitando o acompanhamento do ciclo de vida do rejeito radioativo e a recuperação de informações de sua origem, identificação, caracterização e localização;
- As responsabilidades relacionadas às principais funções do SICORR, a saber, gerência e controle regulatório de rejeitos radioativos, foram bem delineadas e funcionalmente separadas, para facilitar a atualização das informações concernentes de cada perfil de usuário e para garantir o efetivo e restrito controle regulatório sobre as etapas de gerência dos rejeitos radioativos e sobre os dados das instalações envolvidas;
- Os dados relacionados às etapas do controle do inventário de radionuclídeos devem ser devidamente registrados, possibilitando acompanhamento consistente e tomada de decisões, pelo controle regulatório, visando otimizar esse processo.
- Os dados relacionados à documentação possibilitam a recuperação de informações sobre normas, leis, artigos, etc. que abordam ou definem diretrizes sobre rejeitos radioativos.

VI.1 - Principais benefícios

Os principais benefícios previstos que se espera obter com o SICORR:

- Consistência dos dados referentes aos rejeitos radioativos; às instalações radiativas; aos Institutos da CNEN; ao controle do inventário de radionuclídeos;
- Integração dos dados cadastrais e dos referentes aos procedimentos de gerência e controle dos rejeitos;

- Agilidade na recuperação de informações acerca de rejeitos radioativos e os processos aplicados e do controle do inventário de radionuclídeo integrado às instalações radiativas;
- Emissão de relatórios por pesquisa e padronizados de acordo com as Normas da CNEN;
- Manutenção dos dados referentes aos níveis de permissão de acesso para perfis de usuários e funcionalidades do SICORR.

VI.2 - Considerações finais

Considerações finais acerca do SICORR:

- O presente trabalho abrange uma parte do processo de desenvolvimento do SICORR, para implantar esse sistema, será necessário cumprir as demais etapas;
- A especificação suporta a posterior inclusão de parâmetros relacionados à disposição final de rejeitos;
- O escopo do SICORR é direcionado ao controle regulatório de rejeitos radioativos, provenientes de instalações radiativas. O SICORR não trata do: detalhamento da etapa de tratamento de rejeitos radioativos, se limita aos tipos de tratamento aplicados; da etapa de transporte de rejeitos radioativo e do detalhamento da etapa de licenciamento de instalações radiativas, se limita aos dados cadastrais das referidas instalações;
- O SICORR foi especificado de acordo com as normas e leis vigentes;
- Na implementação do SICORR deve ser prevista a realização de rotinas de atualizações de dados de gerência de rejeitos radioativos e de instalações radiativas; e, a manutenção e tratamento de dados históricos.

Os parâmetros utilizados nesse trabalho de especificação de software, estão de acordo com normas e legislação vigentes no país, mas no caso de implementação do SICORR devem ser considerados conceitos recentes de recomendações internacionais, principalmente de publicações da IAEA (International Atomic Energy Agency - Agência Internacional de Energia Atômica) que estão sendo aplicados ou que ainda serão aplicados pelos países membros, a saber:

- IAEA, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Code of conduct on the safety and security of radioactive sources, *IAEA-CODEOC*- 2004. Vienna: International Atomic Energy Agency, January 2004. Substitui o código de conduta

publicado em 2001, e assimila importantes conceitos discutidos no evento *International Conference on Security of Radioactive Sources*, em março de 2003. A IAEA considera que a implementação do referido código de conduta, auxilia as autoridades regulatórias dos países, para assegurar que fontes radioativas sejam utilizadas de acordo com padrão apropriado de segurança radiológica. A publicação é estruturada em definições; escopo e objetivos; princípios básicos, que se subdividem em princípios gerais, legislação e regulamentação, corpo regulatório e importação e exportação de fontes radioativas; e em anexo, uma lista das fontes cobertas pelo código.

- IAEA, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Application of the concepts of exclusion, exemption and clearance. *Safety Guide RS-G-17*. Vienna: International Atomic Energy Agency, august 2004. Essa publicação tem como objetivo revisar e disseminar os conceitos de *exclusion, exemption and clearance*, que constam na publicação BSS- IAEA Safety Series n. 115, e, que serão incluídos nas devidas publicações, a partir da revisão dos padrões básicos de segurança (BSS).
- IAEA, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Management of waste from the use of radioactive material in medicine, industry, agriculture, research and education. *Safety Guide WS-G-2.7*. Vienna: International Atomic Energy Agency, april 2005. O objetivo da publicação é prover recomendações e propor um guia a partir de conceitos que foram estabelecidos nas publicações IAEA (1995) e IAEA (2000). Esses conceitos se referem à segurança da gerência de rejeitos radioativos provenientes do uso de materiais radioativos na medicina, indústria, pesquisa, agricultura e educação. O público alvo da publicação é instalações que manuseiam rejeitos radioativos e o corpo regulatório responsável pela regulamentação dessas atividades.

VI.3 - Perspectivas Futuras

A proposta desse trabalho foi elaborar um projeto de software no estágio de especificação. A principal perspectiva futura é a implantação do software propriamente dito. As fases do processo de desenvolvimento de software restantes são relativas aos aspectos de implementação e por este motivo são perspectivas futuras do trabalho, a saber:

- Fase de construção: efetuar a implementação baseada na especificação do projeto físico, envolvendo as fases: criação física da estrutura do banco de dados, dos

objetos persistentes, dos mecanismos para armazenamento e das regras de negócio. Implementação das interfaces do sistema, codificação, depuração e testes preliminares.

- Fase de validação e testes: testes de execução dos módulos construídos (banco de dados, interface *web* e rotinas estruturadas) com as regras de negócios pré-determinadas de acordo com as premissas do projeto. Preparação do ambiente para testes: geração e conversão de bases de dados, definição da infra-estrutura para implantação do sistema.
- Fase de implantação e treinamento: instalação do sistema, testado e aprovado, em regime normal de produção. Planejamento e execução de atividades necessárias para o início da operação do sistema, inclusive o treinamento dos operadores e responsáveis pelo sistema.

Bibliografia

- ANDRA, Agence Nationale our la Gestion des Déchets Radioactifs, France. Waste in a few clicks. Disponível em <<http://www.andra.fr>>. Acesso em 10 mai 2004.
- ANDRA, Agence Nationale our la Gestion des Déchets Radioactifs, France. The three missions of the Andra. Disponível em <<http://www.andra.fr>>. Acesso em 10 mai 2004a.
- BRASIL. Lei nº 4.118, de 27 de agosto de 1962. Dispõe sobre a política nacional de energia nuclear, cria a Comissão Nacional de Energia Nuclear, e dá outras providências. Disponível em <<http://www.senado.gov.br>>. Acesso em 05 jul 2004.
- BRASIL. Lei nº 6.189, de 16 de dezembro de 1974. Altera a Lei nº 4.118, de 27 de agosto de 1962, e a Lei nº 5.740, de 1 de dezembro de 1971, que criaram, respectivamente, a Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN e a Companhia Brasileira de Tecnologia Nuclear - CBTN, que passa a denominar-se Empresas Nucleares Brasileiras Sociedade Anônima - NUCLEBRÁS, e dá outras providências. Disponível em <<http://www.senado.gov.br>>. Acesso em 05 jul 2004.
- BRASIL. Lei nº 7.781, de 27 de junho de 1989. Dá nova redação aos artigos 2º, 10 e 19 da Lei nº 6.189, de 16 de dezembro de 1974, e dá outras providências. Disponível em <<http://www.senado.gov.br>>. Acesso em 05 jul 2004.
- BRASIL. Lei nº 6.453, de 17 de outubro de 1977. Dispõe sobre a responsabilidade civil por danos nucleares e a responsabilidade criminal por atos relacionados com atividades nucleares e dá outras providências. Disponível em <<http://www.senado.gov.br>>. Acesso em 11 ago 2003.
- BRASIL. Lei nº 9.765, de 17 de dezembro de 1998. Institui taxa de licenciamento, controle e fiscalização de materiais nucleares e radioativos e suas instalações. Disponível em <<http://www.senado.gov.br>>. Acesso em 11 ago 2003.
- BRASIL. Lei nº 10.308, de 20 de novembro de 2001. Dispõe sobre a seleção de locais, a construção, o licenciamento, a operação, a fiscalização, os custos, a indenização, a responsabilidade civil e as garantias referentes aos depósitos de rejeitos radioativos, e dá outras providências. Disponível em <<http://www.senado.gov.br>>. Acesso em 11 ago 2003.
- BRASIL. Decreto nº 4.696, de 12 de maio de 2003. Aprova a estrutura regimental e o quadro demonstrativo dos cargos em comissão e das funções gratificadas da Comissão Nacional de Energia nuclear - CNEN, e dá outras providências. Disponível em <<http://www.senado.gov.br>>. Acesso em 05 jul 2004.
- BOOCH, Grady, RUMBAUGH, James, JACOBSON, Ivar. *The unified modeling language user guide*. Massachusetts, USA: Addison Wesley, 1999.
- BRUNO, N.C., GENERINO, R.C.M. Transport of radioactive material in Brazil: authority and environmental protection agency. *International Journal of Radioactive Materials Transport (RAMTRANS)*, Nuclear Technology Publishing, v.13, n.1, p.23-25, 2002.
- CARDOSO, Eliezer de Moura et al. Apostila educativa Radioatividade, Tratamento de rejeitos radioativos, p.15. Disponível em <<http://www.cnen.gov.br>>. Acesso em 20 mar 2003.
- CARDOSO, Eliezer de Moura et al. Apostilas educativas Aplicações da Energia Nuclear. Disponível em <<http://www.cnen.gov.br>>. Acesso em 20 mar 2003a.
- CDTN, Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear da CNEN. Rejeitos radioativos. Disponível em <<http://www.cdtm.br>>. Acesso em 20 mar 2003.

- CDTN, Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear da CNEN. Centro ganha laboratório para desmontar fontes seladas. *CDTNuclear*, ano I, n. 2, jul/ago 2004.
- CHWASZCZEWSKI, S, SLOWINSKI, B. Transmutation of radioactive waste. *Elsevier Science*, n. 75, p. 87-96, 2003.
- CNEN, Comissão Nacional de Energia Nuclear. *Norma CNEN NE 1.10*, Segurança de sistemas de barragem de rejeitos contendo radionuclídeos, nov 1980.
- CNEN, Comissão Nacional de Energia Nuclear. *Norma CNEN NE-6.05*, Gerência de Rejeitos Radioativos em Instalações Radiativas, dez 1985.
- CNEN, Comissão Nacional de Energia Nuclear. *Norma CNEN NE-6.06*, Seleção e escolha para locais de depósitos de rejeitos radioativos, dez 1985a.
- CNEN, Comissão Nacional de Energia Nuclear. *Norma CNEN-NN 3.01*, Diretrizes básicas de proteção radiológica, jan 2005.
- CNEN, Comissão Nacional de Energia Nuclear. *Norma CNEN-NE 3.02*, Serviços de radioproteção, ago 1988a.
- CNEN, Comissão Nacional de Energia Nuclear. *Norma CNEN-NE 5.01*, Transporte de materiais radioativos, ago 1988b.
- CNEN, Comissão Nacional de Energia Nuclear. *Norma CNEN-NE 1.13*, Licenciamento de minas e usinas de beneficiamento de minérios de urânio e/ou tório, ago 1989.
- CNEN, Comissão Nacional de Energia Nuclear. Certificação do atendimento aos requisitos de segurança e radioproteção pelas instalações nucleares e pelas instalações radiativas da CNEN. *Instrução Normativa, IN-CNEN 0001*, dez 1994.
- CNEN, Comissão Nacional de Energia Nuclear. *Norma CNEN NE 3.05*. Requisitos de Radioproteção e Segurança para Serviços de Medicina Nuclear, abr 1996.
- CNEN, Comissão Nacional de Energia Nuclear. *Norma CNEN NN-6.01*, Requisitos para o registro de pessoas físicas para o preparo, uso e manuseio de fontes radioativas, jul 1998.
- CNEN, Comissão Nacional de Energia Nuclear. *Norma CNEN NE-6.02*, Licenciamento de instalações radiativas, jul 1998a.
- CNEN, Comissão Nacional de Energia Nuclear. *Norma CNEN-NE 2.02*, Controle de Material Nuclear, set 1999.
- CNEN, Comissão Nacional de Energia Nuclear. Apresentação das Normas da CNEN. *Instrução Normativa, IN-DRS 0006*, rev. 01, out 1999.
- CNEN, Comissão Nacional de Energia Nuclear. *Norma CNEN NN-6.09*, Critérios de aceitação para deposição de rejeitos radioativos de baixo e médio níveis de radiação, set 2002.
- CNEN, Comissão Nacional de Energia Nuclear. *Norma CNEN NE-1.04*, Licenciamento de Instalações Nucleares, dez 2002a.
- CNEN, Comissão Nacional de Energia Nuclear. Rejeitos radioativos, novembro de 2001. Disponível em: <<http://www.cnen.gov.br>>. Acesso em 20 mar 2003.
- CNEN, Comissão Nacional de Energia Nuclear. Apostila Educativa Radiações Ionizantes: aplicações e cuidados. Disponível em: <<http://www.cnen.gov.br>>. Acesso em 20 mar 2003a.
- CNEN, Comissão Nacional de Energia Nuclear. Atividades. Disponível em: <<http://www.cnen.gov.br/institucional/atividades.asp>>. Acesso em 10 mai 2004.
- COGEMA. Basic References: radioactive waste. Disponível em: <<http://www.cogema.fr>>. Acesso em 28 mai 2004.

- DAYAL, Ramesh. The IAEA's current activities in low-and intermediate-level radioactive waste disposal. *Radwaste Solutions*, 2002, n. 9(3), p.10-18.
- DIAS, Cíntia M. et al. Management of low and medium level radioactive waste in the university of Brazilia, in the capital of Brazil. In: *International Nuclear Atlantic Conference (INAC 2002)*, Encontro Nacional de Aplicações Nucleares (VI ENAN); p. 443. Rio de Janeiro, 11-16 ago 2002.
- FERREIRA FILHO, Alfredo L., TEIXEIRA, Pedro B., AQUINO, Josilto O. de. Critérios de segurança radiológica no transporte de material radioativo. In: *Regional Congress on Radiation Protection and Safety*, 5. Recife, 29 abr a 4 mai 2001.
- FRANÇA, Júnia Lessa. *Manual para normalização de publicações técnico-científicas*. 4 ed. Belo Horizonte, MG: UFMG, 1998.
- FYFE, W.S. *Our energy future: natural nuclear and no waste*. In: *Sustentabilidade na geração e uso da energia no Brasil: os próximos vinte anos*, Campinas, SP, UNICAMP, 2002.
- FOWLER, Martin. *UML Essencial: um breve guia para a linguagem padrão de modelagem de objetos*. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2000.
- GAO, United States General Accounting Office. Report to Ranking Minority Member, Subcommittee on Financial Management, the Budget, and International Security, Committee on Governmental Affairs, U.S. Senate, *Relatório GAO-03-804, Nuclear Security - Federal and state action needed to improve security of sealed radioactive sources*, ago 2003.
- IAEA, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Siting of near surface disposal facilities, *Safety Series n. 111-G3*. Vienna: International Atomic Energy Agency, 1994.
- IAEA, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Siting of geological disposal facilities, *Safety Series n. 111-G4*. Vienna: International Atomic Energy Agency, 1994a.
- IAEA, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Classification of radioactive waste, *Safety Series n. 111-G1.1*. Vienna: International Atomic Energy Agency, 1994b.
- IAEA, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. The principles of radioactive waste management, *Safety Series n. 111-F*. Vienna: International Atomic Energy Agency, 1995.
- IAEA, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Establishing a national system for radioactive waste management, *Safety Series n. 111-S-1*. Vienna: International Atomic Energy Agency, 1995a.
- IAEA, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Radiation protection and the safety of radiation sources, *Safety Series n. 120*. Vienna: International Atomic Energy Agency, 1996.
- IAEA, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Clearance of materials resulting from the use of radionuclides in medicine, industry and research, *IAEA-TECDOC- 1000*. Vienna: International Atomic Energy Agency, 1998.
- IAEA, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Maintenance of records waste disposal, *IAEA-TECDOC- 1097*. Vienna: International Atomic Energy Agency, 1999.
- IAEA, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Predisposal management of radioactive waste, including decommissioning, *Safety Standards Series n. WS-R-2*. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2000.

- IAEA, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Waste inventory record keeping systems (WIRKS) for the management and disposal of radioactive waste, *IAEA-TECDOC- 1222*. Vienna: International Atomic Energy Agency, jun 2001.
- IAEA, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Radioactive waste: what people think. *IAEA Bulletin*, n. 44. Vienna: International Atomic Energy Agency, fev 2002.
- IAEA, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Working Material, Radioactive Waste Management Registry, RWM Registry, v. 1.0.1, *Instructions Manual*. Vienna: International Atomic Energy Agency, jul 2002a.
- IAEA, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Security of radioactive sources. Interim guidance for comment, *IAEA-TECDOC- 1355*. Vienna: International Atomic Energy Agency, jun 2003.
- IAEA, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Categorization of radioactive sources, *IAEA-TECDOC- 1344*. Vienna: International Atomic Energy Agency, jul 2003a.
- IAEA, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. The Nuclear Events Web-based System, NEWS. Disponível em < <http://www-news.iaea.org/news>>. Acesso em 29 jul 2003b.
- IAEA, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Code of conduct on the safety and security of radioactive sources, *IAEA-CODEOC- 2004*. Vienna: International Atomic Energy Agency, jan 2004.
- IAEA, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Glossary of IAEA Safety Related Publications. Disponível em <<http://www-ns.iaea.org/standards/safety-glossary.htm>>. Acesso em 27 out 2004.
- IAEA, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Application of the concepts of exclusion, exemption and clearance. *Safety Guide RS-G-1.7*. Vienna: International Atomic Energy Agency, ago 2004.
- IAEA, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Management of waste from the use of radioactive material in medicine, industry, agriculture, research and education. *Safety Guide WS-G-2.7*. Vienna: International Atomic Energy Agency, abr 2005.
- IEN, Instituto de Engenharia Nuclear da CNEN. Proteção Radiológica. Disponível em <<http://www.ien.gov.br>>. Acesso em 20 ago 2004.
- IPEN, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares da CNEN. Gestão dos rejeitos radioativos. Disponível em <<http://www.ipen.br>>. Acesso em 20 mar 2003.
- IPEN, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares da CNEN. Panorama dos rejeitos radioativos no Brasil. Clipping IPEN. Disponível em <<http://www.ipen.br>>. Acesso em 20 mar 2003a.
- LUBENAU, Joel O., STROM, Daniel J. Safety and security of radiation sources in the aftermath of 11 september 2001. *Health Physics*, 83(2), p. 155-164, 2002.
- MAGALHÃES, Maisa H, ACAR, Maria Elizabeth E.D., LAURIA, Dejanira C. Controle ambiental do repositório de rejeitos de Abadia de Goiás. In: *International Nuclear Atlantic Conference (INAC 2002)*, Encontro Nacional de Aplicações Nucleares (VI ENAN); p.585. Rio de Janeiro, 11-16 ago 2002.
- MIRANDA, Luis E. T., VICENTE, Roberto. Desenvolvimento de alternativas de gestão dos pára-raios radioativos com fontes de Amerício-241. Disponível em <<http://www.ipen.br>>. Acesso em 17 mai 2004.
- MCCOMBIE, Charles, CHAPMAN, Neil. Sharing the waste burden. *Nuclear Engineering International*, 2002, n. 580, p.27-30.

- MCT, Ministério de Ciência e Tecnologia, *Relatório anual de avaliação PPA 2000-2003*, Exercício 2002, Resultados Segurança Nuclear, Ayrton José Caubit da Silva, 2003.
- METHODS for disposal of nuclear waste. *Nuclear Engineering International*, n.571, 2002, p.16-20.
- MUNDIGL, Stefan. In: NEA-ICRP Forum on Radiological Protection of the Environment, Facts and Opinions, *NEA News*, n.20.2, 2002
- MURPHY, P.W. Yucca Mountain: the future of American nuclear waste? *ATW*, 2002, v.47, n.8/9, p.522-528.
- MURRAY, Raymond L. *Understanding Nuclear Waste*. 5 ed. Columbus, Ohio: The Battelle Press, 2003.
- NAUR, P. e RANDELL, B. Software Engineering: Report on a Conference sponsored by the NATO science committee. In: *The NATO Software Engineering Conferences*, Garmisch, Germany, 7-11 oct 1968. Disponível em: <http://homepages.cs.ncl.ac.uk/brian.randell/NATO/index.html>. Acesso em 22 mar 2004.
- NCR, U.S. Nuclear Regulatory Commission. Full text glossary. Disponível em <<http://www.ncr.gov>>. Acesso em 28 mai 2004.
- NCR, U.S. Nuclear Regulatory Commission. Radioactive waste. Disponível em <<http://www.ncr.gov/waste.html>>. Acesso em 29 jul 2003.
- NEI, The Nuclear Energy Institute. Low-level radioactive waste management. In: Guide to Nuclear Energy, jan 2001. Disponível em <<http://www.nei.org>>. Acesso em 27 mar 2003.
- OLIVEIRA, Luciano B., ROSA, Luiz Pinguelli. Brazilian waste potential: energy, environmental, social and economic benefits. *Elsevier Science*, n. 31, p. 1481-1491, 2003.
- ONDRAF/NIRAS, Belgian Radioactive Waste Management Agency. Investigating deep disposal of radwaste. *Nuclear Engineering International*, 2003, n. 588, p.12-15, 17-18.
- ONDRAF/NIRAS, Belgian Radioactive Waste Management Agency. A method of classification designed to simplify waste management. Disponível em <http://www.nirond.be/engels/6.4_classificatie_eng.html>. Acesso em 21 out 2004.
- OSMANLIOGLU, A. Erdal. Immobilization of radioactive waste by cementation with purified kaolin clay. *Waste Management*, v.22, n.5, p.481-483, 2002.
- PAULA FILHO, Wilson de Pádua. *Engenharia de software; fundamentos, métodos e padrões*. Rio de Janeiro: LTC, 2001.
- PRADO FILHO, Hayrton R, do. Rejeitos radioativos; os riscos se relacionam com a existência ou não da radioatividade. *Banas Qualidade*, jun 2003.
- QUATRANI, Terry. *Modelagem visual com Rational Rose 2000 E UML*. São Paulo: Ciência Moderna, 2001.
- RUMBAUGH, James et al. *Modelagem e projetos baseados em objetos*. 10 ed. Tradução por Dalton Conde de Alencar. Rio de Janeiro: Campus, 1994.
- SHAW, K. B., HUGHES, J. S. Radiological protection and transport. International Journal of Radioactive Materials Transport (RAMTRANS), *Nuclear Technology Publishing*, v.13, n. 3/4, p. 191-194, 2002.
- SHU, Jane, MEZRAHI, Arnaldo, WIELAND, Patrícia. Certificação do atendimento aos requisitos de segurança e radioproteção pelas instalações nucleares e radiativas da CNEN. In: *International Nuclear Atlantic Conference (INAC 2002)*, Encontro Nacional de Aplicações Nucleares (VI ENAN); p. 738. Rio de Janeiro, 11-16 ago 2002.

- SILVA, Eliane M. P, SILVA, Fábio. Gerência de rejeitos radioativos no CDTN/CNEN. Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, CDTN/CNEN. In: *Regional Congress on Radiation Protection and Safety*. Recife, 29 abr a 4 mai 2001.
- SILVA, Fábio, REIS, Luiz C. Alves. Estado atual do sistema de informações sobre fontes seladas fora de uso do CDTN. In: *International Nuclear Atlantic Conference (INAC 2002)*, Encontro Nacional de Aplicações Nucleares (VI ENAN); p.478. Rio de Janeiro, 11-16 ago 2002.
- U.S. Department of Energy, Office of Civilian Radioactive Waste Management. (OCRWM). OCRWM Program Briefing. Disponível em: <<http://www.ocrwm.doe.gov/pm/programbrief/briefing.htm>>. Acesso em: 12 abr 2004.
- VICENTE, R. *Gestão de fontes radioativas seladas descartadas*. São Paulo: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, 2002, 124 p. (Tese, Doutorado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear).
- VICENTE, R. et al. Gestão de Fontes Radioativas seladas descartadas. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN/CNEN, 2002. *DESTAQUE Boletim Eletrônico do CIN/CNEN*, acesso em 20 set 2003.
- VICENTE, R. et al. Management of spent sealed radiation sources. *Healthy Physics*, v. 86, n.5, p.497-504, may 2004.
- VINHAS, L.A. Overview of the radiological accident in Goiânia. In: *International conference on security of radioactive sources*. Vienna: 10-13 mar 2003; p. 347-355.
- ZACHA, Nancy J. There is no commercial low-level waste disposal crisis in the United States - Yet! *Radwaste Solutions*, may-jun 2004, p.14-17.
- ZIDAN, Priscila M., DA SILVA, Maria Isabel. Estudo dos procedimentos de proteção radiológica e gerenciamento de rejeitos radioativos em laboratórios de radiofarmácia. In: *International Nuclear Atlantic Conference (INAC 2002)*, Encontro Nacional de Aplicações Nucleares (VI ENAN); p. 37. Rio de Janeiro, 11-16 ago 2002.

Anexos

Anexo A

Proposta de Especificação do Software

Objetivo do produto

Visa atender às necessidades da Divisão de Rejeitos Radioativos (DIREJ) da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) no que concerne ao controle de inventário dos rejeitos radioativos, provenientes de instalações radiativas, gerados no Brasil.

Objetivos específicos do produto

As principais informações deverão ser tratados e armazenados no Sistema Integrado de informações para suporte ao COntrole do inventário de Rejeitos Radioativos, denominado SICORR:

- Dados referentes ao rejeito: características química, física e radiológica, forma de acondicionamento, tratamento, manuseio seguro, transferências internas e externas, eliminação e armazenamento até que possa ser transferido para deposição final.
- Dados referentes às instalações e Institutos da CNEN.
- Dados sobre gerência e controle dos rejeitos.

Situação atual

Principais sistemas em operação.

- Sede/CNEN
SINRAD/SIR: cadastro de instalações radiativas, responsáveis e certificados.
Inventário local da DIREJ de fontes recolhidas.
NEWMBD/IAEA (Net Enabled Waste Management Database) informações gerais sobre instalações e rejeitos.
- Institutos da CNEN (CDTN, IEN e IPEN)
Sistemas e Bancos de dados locais, sem integração entre eles e com os utilizados pela DIREJ.

Necessidade de interface com procedimentos: Normas CNEN: NE-6.02; NE-6.05; NN-6.09 e NE-5.01 e PROGER - Programa de Gerência de Rejeitos Radioativos em Instituições de Pesquisa.

Delimitação do escopo do produto

Identificação e perfil dos usuários: órgão regulatório responsável pela área de rejeitos radioativos (DIREJ/CNEN).

Principais Funções

- 1) Cadastro de instalações e responsáveis
- 2) Cadastro dos rejeitos radioativos
- 3) Cadastro da gerência de rejeitos radioativos
- 4) Registros das etapas de controle de rejeitos radioativos

Descrição dos processos

O SICORR deverá prover o armazenamento e tratamento das informações relativas aos processos:

1) Cadastro de instalações e responsáveis

Dados cadastrais das instituições geradoras, responsáveis e referentes às características das instalações.

Classificação das instalações radiativas de acordo com a seção 4 da Norma CNEN NE-6.02.

2) Cadastro dos rejeitos radioativos

Identificação do rejeito conforme Anexo A e localização do recipiente que o contém. A identificação inclui: categorias de classificação dos rejeitos, segundo o estado físico, natureza da radiação, concentração e taxa de exposição, conforme Norma CNEN NE-6.05.

O tipo, composição e conteúdo de radionuclídeos do produto, segundo a Norma CNEN NN-6.09.

Classes de radiotoxicidade de radionuclídeos, segundo a Norma CNEN NE-6.02.

Informações sobre a procedência e destino; transferências internas e externas; eliminações realizadas, particularizando as atividades diárias liberadas.

a) Os rejeitos são caracterizados pelos seguintes parâmetros:

- Estado físico dos rejeitos: sólidos: considera-se o tipo de tratamento que podem sofrer, subdividindo-os em compactáveis ou não compactáveis, incineráveis ou não incineráveis, putrescível ou patogênico, biológicos, fontes seladas, sólidos úmidos, etc.; líquidos: considera-se a natureza química, subdividindo-os em orgânicos ou inorgânicos, ácidos ou alcalinos, inflamáveis ou não inflamáveis, etc.; gasosos: considera-se a constituição, subdividindo-os em gases ou aerossóis.
- Natureza radiológica dos rejeitos: tipo de radiação que emitem: emissores beta/gama, emissores alfa. Os emissores alfa são quase sempre mais radiotóxicos que os emissores beta/gama; atividade: baixa, média ou alta e em função da meia-vida: curta, intermediária e longa.
- Outras características: explosividade, combustibilidade, inflamabilidade, piroforicidade, corrosividade e toxicidade química.

b) Categorias de classificação dos rejeitos, segundo o estado físico, natureza da radiação, concentração e taxa de exposição.

As categorias de classificações de rejeitos radioativos a serem consideradas nesse trabalho serão as definidas pela Norma CNEN 6.05 “Gerência de rejeitos radioativos em instalações radiativas”. A seção 4 “Classificação de rejeitos” utiliza os parâmetros: estado físico, natureza da radiação, concentração e taxa de exposição para classificar os rejeitos em categorias.

c) Tratamento aplicado

De acordo com a seção 5.6 “Tratamento” da Norma CNEN-NE-6.05, “qualquer tratamento de rejeitos radioativos está sujeito à aprovação da CNEN, em conformidade com as normas específicas para cada tipo de instalação.”

Transformação química - Remoção de materiais inertes - Inclusão em materiais sólidos de grande durabilidade - Acondicionamento em embalagens de alto desempenho

d) Acondicionamento e identificação

Os recipientes devem ter suas condições de integridade asseguradas, possuir vedação adequada e ter seu conteúdo identificado conforme Anexo A da Norma CNEN - NE-6.05 e não devem apresentar contaminação superficial externa em níveis superiores aos limites estabelecidos no Anexo B da referida Norma.

De acordo com o item 5.2.2 da Norma CNEN NE-6.05, “após a segregação e acondicionamento em recipientes adequados, conforme subseção 5.3, os rejeitos devem ser identificados conforme o Anexo A e classificados de acordo com as categorias da Seção 4. Os rejeitos eliminados devem ser registrados conforme formulário próprio, Anexo C.”

As embalagens e seus processos correspondentes devem ser identificados, assegurando à correspondência do embalado com os documentos que contenham as informações sobre o produto de acordo com Norma CNEN NN-6.09; e, os embalados devem ter registros de suas características físicas, químicas, radiológicas, mecânicas, procedência e as demais informações conforme item 5.4.2 da Norma CNEN NN-6.09.

e) Transporte

Segundo a Norma CNEN NE-6.05, os veículos utilizados no transporte interno devem ser monitorados e possuir meios de fixação adequados para os recipientes. O transporte externo de rejeitos radioativos para depósitos intermediários e finais está sujeito à Norma CNEN NE-5.01, “Transporte de Materiais Radioativos”.

f) Eliminação

A eliminação de rejeitos está condicionada à obtenção de parecer favorável da CNEN, com base na análise técnica dos fatores ambientais pertinentes, e aos seguintes requisitos, de acordo com a Norma CNEN NE-6.05:

- A eliminação de rejeitos líquidos na rede de esgotos sanitários está sujeita: o rejeito deve ser prontamente solúvel ou de fácil dispersão em água; a quantidade de cada radionuclídeo liberada diária/mensal/anual pela instalação, na rede de esgotos sanitários, não deve exceder os limites definidos na Norma CNEN NE-6.05.
- A eliminação de excretas de pacientes submetidos a terapia radioisotópica deve ser feita de acordo com instruções específicas estabelecidas pela CNEN.
- A eliminação de rejeitos sólidos no sistema de coleta de lixo deve ser limitada em sua atividade específica definida na Norma CNEN NE-6.05.
- A eliminação de rejeitos gasosos deve ser previamente autorizada pela CNEN e não deve exceder os limites de concentração definidos na Norma CNEN NE-6.05.

g) Armazenamento e disposição final

O local da instalação destinado ao armazenamento provisório de rejeitos deve ser selecionado conforme os requisitos da subseção 5.5 da Norma CNEN-NE 6.05.

Registro dos controles de acordo com os critérios gerais estabelecidos pela Seção 4 da Norma CNEN NN-6.09, para os processos ou embalagens, de acordo com aplicação, para aceitação de rejeitos, para fins de deposição.

Registro dos controles de acordo com as características para deposição aplicadas ao rejeito, ao produto, à embalagem e ao embalado, estabelecidas pela Seção 5 da Norma CNEN NN-6.09.

3) Cadastro da gerência de rejeitos radioativos

a) Cadastro das instituições responsáveis pela gerência de rejeitos radioativos.

- Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN) da CNEN, em Belo Horizonte, MG;
- Instituto de Engenharia Nuclear (IEN) da CNEN, no Rio de Janeiro, RJ;
- Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) da CNEN, em São Paulo, SP.

b) Dados referentes às características das instalações dos institutos CNEN: tipo de construção, estágio de funcionamento, capacidade de armazenamento, localização, tipo de depósito (inicial, provisório, intermediário, final), taxa de ocupação, dentre outras.

4) Registros das etapas de controle.

a) Os registros de todos os rejeitos devem ser mantidos atualizados e documentados, descrevendo as seguintes informações de acordo com as Normas CNEN NE-6.05 e CNEN NN-6.09:

b) Dados de transferências externas e internas do rejeito radioativo.

c) Controle de variações do inventário de radionuclídeos, conforme Anexo C da Norma CNEN NE-6.05.

d) Informações adicionais referentes ao controle de rejeitos radioativos

Anexo B

Especificação dos Requisitos do Software

Disponível apenas na versão impressa, localizada na Biblioteca da UFMG

Anexo C

Projeto SICORR

CD-ROM com os arquivos fontes resultantes do trabalho de análise

Disponível apenas na versão impressa, localizada na Biblioteca da UFMG

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)