

Proteção Contra Incêndio em Instalações Nucleares - Fator de Integração da Segurança

João Regis dos Santos (LATEC/UFF) regis@ien.gov.br

Eduardo Linhares Qualharini, D. Sc.(LATEC/UFF) qualharini@all.com.br

Resumo

O presente artigo visa demonstrar a importância da proteção contra incêndio numa instalação nuclear e seus reflexos sobre o sistema de gestão integrada de segurança.

A motivação para a pesquisa foi a busca de uma maior interação das questões relacionadas à segurança, meio ambiente e saúde na indústria nuclear, tendo como eixo da investigação a proteção contra incêndio.

As experiências relatadas referem-se aos resultados preliminares da revisão bibliográfica sobre o assunto, relativa a dissertação de mestrado em andamento, onde também serão destacadas as ocorrências de incêndios em instalações nucleares e as lições aprendidas com estes eventos.

Buscar-se-á, ainda, demonstrar os requisitos de proteção contra incêndio aplicáveis à indústria nuclear e as interrelações existentes entre esta e as demais áreas que se dedicam aos aspectos de segurança, utilizando-se como referência as instalações das Indústrias Nucleares do Brasil – INB, mais especificamente na ambiência das fábricas de Reconversão e de Pastilhas de UO₂, localizadas em Resende no Rio de Janeiro.

Palavras-chaves: Gestão integrada de segurança; Proteção contra incêndio; Segurança nuclear

1. Introdução

A importância da proteção contra incêndio numa instalação nuclear e a necessidade de uma maior integração com os demais processos de segurança, tem sido objeto de preocupações por parte dos órgãos reguladores, dos operadores dessas instalações e da comunidade. O setor nuclear tradicionalmente investe considerável parte de seus recursos em segurança, até porque uma falha neste sistema pode redundar em prejuízos significativos para os negócios da organização, para a sua imagem e para o uso pacífico da energia nuclear como o todo, considerando o impacto negativo que um acidente traduz nesse ramo para a sociedade. Não é por menos que a área nuclear possui uma diversificada matiz de processos relacionados à segurança. Dentre estes processos, nas instalações nucleares é comum encontrar-se atividades de segurança do trabalho, proteção radiológica, proteção ao meio ambiente, saúde do trabalhador, proteção física e proteção contra incêndio, além de outros que mantêm um forte vínculo com os da segurança, como qualidade, licenciamento, responsabilidade social, dentre outros.

Neste segmento, os processos relacionados à segurança, todos com diretrizes próprias do órgão regulador, no Brasil a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), necessitam de

uma gestão adequada, que permita o interrelacionamento eficiente entre eles, para permitir o uso adequado dos recursos, evitando a redundância de esforços.

A aplicação de um modelo de gestão integrada de segurança em instalações desse tipo não deve ser visto como uma opção, mas como uma necessidade premente e para isso a proteção contra incêndio é um bom exemplo de elemento integrador, visto que perpassa todos os demais processos anteriormente citados.

Isto acontece, como pode-se verificar a seguir, pela importância de riscos que o evento incêndio tem nas instalações nucleares.

2. A Importância da Proteção Contra Incêndio em Instalações Nucleares

Uma instalação nuclear é uma unidade operacional na qual o material nuclear, em quantidades autorizadas pelo órgão regulador, é produzido, processado, reprocessado, utilizado, manuseado ou estocado.

O material nuclear deve ser entendido como qualquer material fértil ou fissil, incluindo urânio e seus produtos, tório e plutônio. Como exemplos de instalações nucleares podemos citar as instalações do chamado ciclo do combustível nuclear, no Brasil a cargo das Indústrias Nucleares do Brasil (INB).

A fabricação do combustível nuclear, objetivo principal do ciclo do combustível nuclear, começa com a prospecção e beneficiamento do minério contendo urânio, etapa esta que vem sendo desenvolvida em nosso País pela INB em Caetité, Estado da Bahia. Após esta fase, o concentrado de urânio é transformado em exafluoreto de urânio (UF₆), fase esta ainda não feita comercialmente no Brasil. A etapa seguinte, o enriquecimento, consiste do aumento da concentração do isótopo de urânio 235, normalmente na natureza encontrado numa taxa de 0,7%, para uma concentração de, aproximadamente 3,5%, necessária para a utilização em reatores de potências de usinas nucleoeletricas, como é o caso das usinas Angra I e Angra II. Esta etapa, tecnicamente mais complexa, está em vias de ser implementada comercialmente no Brasil pela mesma INB, com tecnologia desenvolvida no Brasil pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), e a Marinha do Brasil através do Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CTMSP). Na seqüência, para a fabricação do elemento combustível, etapa final do processo, é necessário que o urânio enriquecido, sob a forma de UF₆, seja reconvertido em dióxido de urânio (UO₂), pó com o qual, após compactado, são fabricadas as pastilhas, que encapsuladas em tubos de liga de zircaloy, constituem o arranjo final do elemento combustível nuclear.

A maior parte do processo de fabricação do combustível nuclear envolve, basicamente, tecnologia de transformação química, o que do ponto de vista da proteção contra incêndio, implica em maior risco pelos materiais envolvidos. Isto, aliado ao fato de tratar-se de tecnologia nuclear, que por si já justificariam a adoção de medidas especiais de proteção contra incêndio.

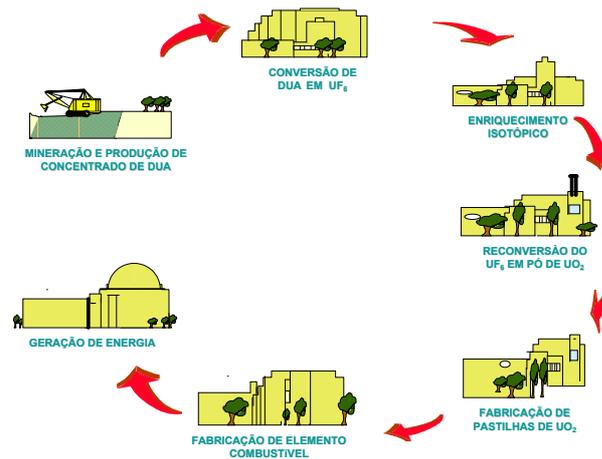


Figura 1 - Esquema do Ciclo do Combustível Nuclear

Em instalações deste tipo, para dar suporte técnico e operacional, dispõe-se geralmente de processos gerenciais de segurança do trabalho, saúde ocupacional, proteção contra incêndio, proteção radiológica, meio ambiente e proteção física. A proteção contra incêndio utiliza como referência para implementar suas atividades, além dos códigos comuns aplicáveis às indústrias convencionais, normas específicas a cargo da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e normas internacionais da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA).

2.1. Ocorrências de incêndios em instalações nucleares

O mais significativo evento que demonstrou a vulnerabilidade de uma instalação nuclear aos efeitos do fogo ocorreu na usina nuclear Browns Ferry (1975), nos EUA. Este incêndio, de vilão dos incêndios em instalações nucleares, se tornaria algum tempo depois na principal referência para a melhoria dos requisitos de segurança contra incêndio nessas instalações, de modo particular usinas nucleares. A proteção contra incêndio deixou de ser tratada de forma isolada em relação aos demais sistemas relacionados à segurança nuclear, preocupação maior numa instalação deste tipo. Por conta deste episódio, várias modificações nos critérios de projeto e operação das usinas foram introduzidas, primeiramente nos EUA e, posteriormente, em outros países, com a publicação pela AIEA em 1979 do Safety Series nº 50 - SG -D2 - Fire Protection in Nuclear Power Plants.

Anteriormente ao incêndio da usina nuclear de Browns Ferry (1975), vários outros eventos de incêndio em instalações nucleares são relatados, embora com um nível de detalhamento menor do que se podia esperar. Isto ocorre, naturalmente, por ser na época em que esses eventos aconteceram a divulgação de acidentes em instalações nucleares um tabu, pois em muitas situações envolviam projetos secretos, relacionados ao desenvolvimento de armas, o que justificava a preocupação das autoridades de então em não fazer uma divulgação ampla dos fatos.

A seguir o relato de alguns desses incêndios em ordem cronológica.

Incêndio em Windscale

Em 10 de outubro de 1957 ocorreu um incêndio na pilha número 1 do reator moderado a grafite e refrigerado a gás operado pelo governo Britânico em Windscale, atualmente

Sellafield. O reator de Windscale era uma instalação utilizada para produzir plutônio para o programa de armas do governo britânico e também para a produção de polônio (Po-210).

A causa do início do incêndio não é precisa, mas é provável que a origem tenha sido o desgaste do material onde estavam localizados os elementos combustíveis no núcleo do reator e a operação inadequada do sistema. Além disso, foram condições preponderantes para a ocorrência do acidente a incapacidade de então de se monitorar os danos nas placas dos elementos combustíveis do núcleo do reator e o uso de urânio metálico ao invés de dióxido de urânio como combustível (Bertini et al, 1980).

O fogo começou durante o processo de recozimento da estrutura de grafite. Durante uma operação normal, os nêutrons que atingem a grafite resultam na distorção da sua estrutura. Esta distorção leva a um acúmulo da energia armazenada (buildup) na grafite. O processo controlado de recozimento foi usado para restaurar a estrutura da grafite e liberar a energia armazenada. Infelizmente, neste caso, energia excessiva foi liberada tendo por resultado danos no combustível. O combustível de urânio metálico e a grafite então reagiram com o ar e começaram queimar-se (Bertini et al, 1980).

O incêndio ficou restrito ao núcleo do reator e durou mais de 24 horas, tendo ocorrido pelo menos dois lançamentos de materiais radioativos para o ambiente externo. O primeiro foi em consequência da queima natural do urânio presente núcleo quando do início do incêndio e o segundo ocorreu um dia após, quando o reator foi encharcado com água numa tentativa de extinguir o fogo.

Mais de 20 % do núcleo do reator foi danificado pelo fogo e trabalhadores da usina foram expostos a doses 150 vezes maiores do que os limites de doses previstos. Estima-se que membros da população foram diretamente expostos a mais de 10 vezes os limites de dose para o público. A fumaça e o vapor oriundo do núcleo arrastaram partículas e gases radioativos para a atmosfera, atingindo a maior parte da Inglaterra e parte Europa. Como consequência, radionuclídeos, especialmente iodo radioativo, contaminaram as pastagens que, consumidas pelos animais, produziram contaminação no leite. As autoridades restringiram a produção de leite dos fazendeiros da região nas regiões mais próximas por 45 dias.

A atividade de material radioativo que foi para a atmosfera foi estimada por Eisenbud (1987) em milhares de curries, conforme quadro de radionuclídeos liberado a seguir:

Radionuclideo	Estimativa de Liberação (Curies)
I-131	16200 - 20000
Cs-137	600 - 1240
Sr-89	80-137
sr-90	6-9
Po-210	~ 240

Fonte: M. Eisenbud, *Environmental Radioactivity* (1987)

Tabela 1 Estimativa de liberação de radionuclídeos no incêndio de Windscale

Incêndio em Browns Ferry

No dia 22 de março de 1975, aconteceu o maior acidente em uma instalação nuclear cuja origem se deveu a um incêndio. A central nuclear de Browns Ferry está localizada próxima a cidade de Decatur no Estado do Alabama, EUA, sendo operada pela empresa Tennessee Valley Authority (TVA). Na época do acidente a central era composta de 3 unidades tipo BWR, cada uma com uma potência de 1.100 MW(e). Quando ocorreu o acidente duas unidades estavam em operação e uma terceira estava em fase final de construção.

O incêndio iniciou-se quando operários, utilizando-se uma vela, testavam a fuga de pressão no edifício de contenção. O teste consistia em verificar, observando-se a inclinação da chama da vela, a direção do fluxo de ar e, conseqüentemente, se havia fuga. A chama da vela fez entrar em ignição a espuma de poliuretano utilizada como selante da abertura para passagem de bandejas de cabos elétricos. O incêndio demorou cerca de 7 horas para ser completamente debelado.

O edifício do reator é mantido com uma pressão negativa em relação ao exterior, para assegurar que não haja fuga de ar para fora do mesmo, sendo assim um requisito de segurança. A manutenção dessa subpressão é feita removendo-se continuamente ar do edifício de contenção, fazendo-o passar por filtros antes de ser liberado para o meio ambiente.

O fogo iniciou-se na sala de cabos, exatamente em uma abertura para passagem de bandejas de cabos que atravessa a parede do edifício do reator. Cada abertura para passagem de bandejas de cabos era selada com espuma de poliuretano. Sobre a espuma de poliuretano e também sobre os cabos elétricos, foi feito um revestimento a base de composto anti-chama, com espessura entre 3 e 6 mm. Este preenchimento com poliuretano bem como o revestimento anti-chama era feito nos dois lados da parede que, no total, possuía 1,22m de espessura, integrando o sistema de barreiras corta-fogo da usina.

A espuma de poliuretano bem como o revestimento anti-chama da abertura para passagem de cabos do local onde o incêndio se iniciou, tinha sido removida em parte para permitir a passagem de novos cabos, deixando o poliuretano, material inflamável, exposto a ação das chamas. Convém salientar que o uso de chama aberta para teste de fuga era prática comum em instalações industriais.

Um dos operários observou que existia uma abertura de 50 a 100 mm por onde havia um fluxo de ar. Utilizando-se de dois pedaços de poliuretano, tamponou a abertura e posteriormente realizou outro teste com a chama. Deve ser salientado que o poliuretano utilizado após a introdução de novos cabos não era do tipo previsto, sendo muito mais inflamável. Provavelmente o incêndio iniciou-se este segundo teste, pois foi a partir de então que um dos operários observou de que havia fogo dentro da abertura.

Este tentou apagar as chamas utilizando uma lanterna e posteriormente trapos de tecido, não conseguindo. Extintores de CO₂, foram utilizados pela própria equipe de operários porem o gás era sugado pelo furo, já que existia um fluxo de ar naquele sentido, não permitindo atingir o foco do incêndio. Posteriormente tentou-se apagar utilizando-se dois extintores de pó químico seco, do mesmo modo sem sucesso. Um dos operários então mandou informar o fato ao chefe de turno de operação. Quinze minutos após o início do incêndio foi dado alarme de desocupação da sala de cabos para que o sistema fixo de CO₂ pudesse ser disparado porém, ao se tentar acionar este sistema, verificou-se que estava desativado por medida de segurança, já que haviam operários trabalhando na sala de cabos, e este era um procedimento adotado

nestes casos. Algum tempo depois o sistema fixo de CO₂ foi disparado pela primeira vez, e assim foram feitas várias tentativas. A essa altura o incêndio já havia atingido o edifício do reator, espalhando-se pelas bandejas de cabos. Da mesma forma, tentou-se apagar o incêndio no edifício do reator utilizando-se extintores de pó químico, mas não foi possível devido ao difícil acesso e à inexistência de equipamentos de proteção respiratória para proteger os operadores destes equipamentos diante da grande quantidade de fumaça existente no local. O operador assistente que estava conduzindo as operações de combate solicitou apoio dos bombeiros e por volta de 1:45 h bombeiros de Athens, Alabama, chegaram ao local. O chefe dos bombeiros recomendou que fosse utilizada água, porém o superintendente da usina não permitiu temendo que fosse provocado curto-circuito e com isso sistemas elétricos responsáveis pelo desligamento e resfriamento seguro do reator fossem comprometidos. O incêndio na sala de cabos foi extinto às 16:20 h, porém no edifício do reator continuou se espalhando. A essa altura os sistemas de segurança começaram a ficar comprometidos, pois a alimentação de água é paralisada devido à inoperância da bomba elétrica e as bombas de recalque de condensado, embora em operação, porém com pressão insuficiente (2,4 Mpa) para superar a pressão do vaso do reator que já estava em torno de 7,4 Mpa. Por volta das 18:00 h o chefe dos bombeiros recomenda novamente ao superintendente o uso de água, porém mais uma vez não é permitido. A solução se complicou quando quatro das onze válvulas de alívio de pressão ficaram fora de operação e as bombas de recalque deixaram de alimentar o sistema. O superintendente então, às 19:00 h, finalmente autorizou o uso de água para combater o incêndio e isto posto, às 19:45 o fogo foi extinto.

Os prejuízos causados com o incêndio foram enormes, milhares de metros de cabos e sistemas elétricos foram danificados, produzindo perdas diretas em torno de 10 milhões de dólares e aproximadamente a mesma quantia por mês por falta de faturamento devido à energia que se deixou de fornecer aos consumidores durante o período de um ano, tempo em que ficou fora de operação para reparos.

Incêndio em Chernobyl – Unidade 2

Em 11 de outubro de 1991 ocorreu um incêndio na sala de turbinas da unidade 2 do complexo nuclear de Chernobyl, na Ucrânia. A unidade 2 da central nuclear de Chernobyl compunha um conjunto de quatro unidades do complexo, cada uma com dois turbogeradores geminados instalados numa única sala de geradores.

A unidade 2 de Chernobyl no dia do acidente estava operando a 70 % de sua capacidade, para que fosse feito um serviço de manutenção no turbogerador 4. A manobra de preparo para o serviço de manutenção incluía a parada controlada do turbogerador.

O turbogerador 4 já tinha diminuído a velocidade em cerca de 150 RPM quando o disjuntor 2 o reconectou ao sistema elétrico. Isto provocou uma força reversa no sistema e uma sobrecorrente, que superaqueceu o equipamento, liberando o hidrogênio e o óleo utilizado para selagem do rotor. Arcos elétricos e calor de fricção inflamaram o hidrogênio e o óleo, provocando chamas que atingiram 8 metros de altura, além de uma densa fumaça que obstruiu a visibilidade do pessoal da usina envolvido nas operações de combate (Grimes, 1993).

Embora o incêndio não tivesse atingido diretamente os sistemas de segurança ou material nuclear, o efeito do calor comprometeu imediatamente a estrutura da sala de turbinas que fez desabar o teto, atingindo os quadros elétricos e bombas principais e auxiliares de alimentação do sistema de refrigeração do reator. Os operadores realizaram manobras para manter o reator

em condições de segurança, com sucesso. Uma investigação mais tarde concluiu que um curto-circuito na fiação de controle do disjuntor 2 foi a causa do acidente (Grimes, 1993).

Incêndio em Vandellos

Um dos mais importantes incêndios ocorridos em usinas nucleares aconteceu em 19 de outubro de 1989 na unidade 1 da central nuclear de Vandellos, Espanha. A usina nuclear de Vandellos I era uma usina cujo reator era do tipo refrigerado a gás e moderado a grafite,

Vibrações violentas deslocaram a turbina de seu pedestal, o que provocou ruptura de linhas de hidrogênio e óleo que começaram a pegar fogo. O óleo queimando-se desceu, atingiu as sapatas de borracha do condensador que também começaram a pegar fogo. A água com óleo queimando-se espalhou-se pelas instalações, atingindo o porão, destruindo toda instalação, cabos e equipamentos elétricos. A consequência deste acidente foi o descomissionamento da usina anos depois.

Muitos destes acidentes ocorreram pela falta de requisitos de engenharia de incêndio específicos para instalações nucleares, posteriormente adotados, mas também devido a práticas inadequadas de segurança contra incêndio durante os trabalhos de manutenção e reparo.

A importância de uma política de proteção contra incêndio com base nos fundamentos da segurança nuclear pode ser plenamente justificada pelas consequências que os incêndios podem acarretar em comparação com outros riscos típicos de instalações nucleares. Entre 1943 e 1970, por exemplo, o DOE - Department of Energy americano, registrou 27 vítimas fatais devido a acidentes relacionados a incêndio e explosões em instalações nucleares dos Estados Unidos, contra 3 devido a criticalidade (Purington, 1977). A importância do evento crítico como acidente plausível numa instalação nuclear é inquestionável, porém os riscos associados a incêndios em termos de frequência e consequências, excedem aos relacionados a criticalidade.

3. Requisitos de Proteção Contra Incêndio em Instalações Nucleares

A proteção contra incêndio, como um dos processos da gestão de segurança, saúde e meio ambiente, deve ser um fator integrador do sistema de gestão numa instalação nuclear.

Numa instalação nuclear são desenvolvidas atividades voltadas para a proteção dos sistemas, do material nuclear, das pessoas e do meio ambiente, cujas designações mais comuns, geralmente sob a forma de processos, são: segurança nuclear, segurança radiológica, segurança do trabalhador, saúde do trabalhador, proteção física, proteção ambiental e proteção contra incêndio. Estes processos se auto-definem, com exceção, talvez, da proteção física, que tem sua especificidade relacionada quase que exclusivamente a área nuclear. Pela Norma CNEN-NE-2.01, proteção física é um conjunto de medidas destinadas a evitar atos de sabotagem contra materiais, equipamentos e instalações; a impedir a remoção não autorizada de material, em especial nuclear; a prover meios para a rápida localização e recuperação de material desviado; e à defesa do patrimônio e da integridade física do pessoal de uma unidade operacional.

Destacaremos de forma especial a proteção contra incêndio, pelas suas características peculiares, tanto em termos de impactos internos que um evento de incêndio pode ser numa instalação nuclear, mas também pelas consequências externas, refletindo assim sobre todos os demais segmentos da segurança.

Em usinas nucleares, extensíveis a outros tipos de instalações que processam material nuclear, a proteção contra incêndio, diferente de instalações convencionais, tem como objetivo fundamental garantir que a segurança nuclear dessas instalações seja preservada. Segurança nuclear, de acordo com a Norma CNEN-NE-1.04, deve ser entendida como o conjunto de medidas técnicas, operacionais e administrativas, incluídas no projeto, na construção, na manutenção e na operação da instalação, visando evitar a ocorrência de acidente ou minimizar as suas conseqüências.

Para atender estes pressupostos, a proteção contra incêndio numa instalação nuclear, mais especificamente numa usina nuclear e por extensão em outros tipos de instalações, adota os seguintes requisitos de proteção, também chamados de função de segurança, de acordo com a Norma CNEN-NN-2.03:

1. Assegurar a parada segura do reator, bem como mantê-lo em condições de desligamento seguro durante a operação normal ou durante e após a condição de acidente.
2. Remover o calor residual do núcleo do reator após o desligamento, inclusive na condição de acidente.
3. Reduzir o potencial de liberação de material radiativo e garantir que, caso ocorra alguma liberação, fique abaixo dos limites previstos para operação normal da usina, bem como abaixo dos limites aceitáveis para a condição de acidente.

Especialmente o requisito 3 se aplica a todas instalações nucleares, pelo fato dessas instalações lidarem com material nuclear e/ou radioativo, possibilitando num eventual incêndio, o comprometimento do confinamento do material, caso que teria impacto direto sobre a chamada segurança nuclear, radiológica e ambiental da instalação, com possíveis reflexos sobre a saúde dos trabalhadores e das populações vizinhas.

Para atender os requisitos acima, os sistemas são projetados e operados de maneira que o incêndio postulado para o local seja controlado, garantindo a operacionalidade dos sistemas de segurança, mesmo na condição de incêndio. Sendo assim, durante o projeto dos sistemas de segurança nuclear da instalação, é considerada a influência dos possíveis incêndios nestes sistemas e são adotadas medidas de proteção passiva e ativa de modo a garantir sua operacionalidade. Posteriormente, durante a entrada em operação da instalação, é necessário adotar-se um programa de proteção contra incêndio com o objetivo de avaliar, introduzir possíveis melhorias e manter a eficiência dos dispositivos de proteção previstos durante o projeto.

Para alcançar um nível adequado de proteção contra incêndio, são adotados os critérios de proteção em profundidade, também chamados de leis da defesa em profundidade em proteção contra incêndio, que são as seguintes:

- 1ª Lei - Prevenção de princípios de incêndios;
- 2ª Lei - Rápida detecção e pronto combate a qualquer princípio de incêndio que venha ocorrer, bem como a limitação dos seus danos;
- 3ª Lei - Confinamento do incêndio não extinto, minimizando seus efeitos sobre as funções essenciais da instalação.



Figura 2 – Defesa em profundidade em proteção contra incêndio

Na figura 2 podemos observar graficamente a aplicação das leis da defesa em profundidade em proteção contra incêndio onde, para cada uma delas, níveis de proteção são recomendados, como a adoção de controles administrativos eficientes que garantam o controle de fontes de ignição; proteção ativa através de dispositivos de detecção e combate e proteção passiva, com a colocação de barreiras corta-fogo com capacidade de evitar o espalhamento do incêndio postulado para o local. A garantia da eficiência deste princípio de defesa em profundidade somente pode ocorrer se o projeto dos sistemas possuam conteúdos de proteção contra incêndio a partir da sua concepção, se durante a operação for implementado um sistema de garantia da qualidade e se a cultura de segurança da organização for elevada, abrangendo assim os aspectos tecnológicos e também organizacionais da instalação.

4. Gestão integrada e proteção contra incêndio

Evidencia-se pelo que já foi descrito que numa instalação nuclear a proteção contra incêndio tem um caráter especial e isso passa não apenas pelos aspectos técnicos, mas de uma maneira particular pelos organizacionais. As diversas funções da segurança numa instalação nuclear são desempenhadas por profissionais que possuem origens e características de formação distintas. Seus perfis nem sempre permitem observar a segurança como um sistema. Tendem alguns destes profissionais a enxergarem suas atividades a partir de uma perspectiva particularizada do problema. No dizer de Pacheco et al (2000), de um modo geral, os profissionais da segurança e medicina do trabalho têm formação técnica específica, não havendo preocupação com a integração de suas competências com as competências da organização. A radioproteção, formada por físicos, engenheiros com especialização no assunto e técnicos em radioproteção focam na problemática da radiação, o controle da dose a que estão expostos os trabalhadores, o controle das fontes de radiação, do rejeito gerado e da emissão de radionuclídeos para o ambiente. Embora essas funções sejam típicas da área de segurança do trabalho e da saúde ocupacional, de um modo geral os profissionais dessas áreas não interagem suficientemente com os da radioproteção, privilegiando aspectos de prevenção

dos acidentes convencionais, da higiene do trabalho, com a implementação dos programas específicos e em alguns casos da proteção contra incêndio, quando esta não estar vinculada a área de proteção física, que, por sua vez, tem como perfil característico de seus profissionais a formação militar ou da área de informações. A gestão integrada das diversas áreas encontra, portanto, a natural resistência pelo fato das visões que estes profissionais têm do que seja segurança nem sempre é coincidente. Assim, torna-se imprescindível um modelo que congregue de forma sistêmica todas funções da segurança, preservando, evidentemente as especificidades que cada área possui.

Sob o ponto de vista estratégico é mais comum que as organizações relacionem a área de segurança aos aspectos internos da organização, visto que sua abordagem está em geral associada com os processos e as pessoas e assim o cumprimento da legislação pertinente. Queremos esclarecer que segurança, no escopo deste trabalho, deve ser entendida num sentido ampliado, envolvendo ações que visam a proteção das pessoas, dos bens, dos processos e dos ambientes interno e externo. A visão estrito senso da segurança dar lugar a uma visão holística, onde os resultados organizacionais advêm de uma confluência de fatores, externos e conjunturais, normalmente associados ao mercado, e internos ou processuais, associados aos que participam direta ou indiretamente na produção do bem ou serviço, independentemente da posição que ocupe na organização.

A inserção, pois, da segurança no planejamento estratégico é hoje uma realidade em muitas organizações. Pacheco et al (2000) sugere que essa interação já se deslumbra no momento em que se planeja as atividades, tendo o planejamento estratégico como dinâmico e sistêmico, onde podem ser identificadas características peculiares das funções e assim torná-las sistemicamente integradas.

O evento incêndio, passível de ocorrer em qualquer parte da instalação, requer a atuação de profissionais das mais diversas áreas, integrados à Brigada de Incêndio ou às demais equipes de controle das emergências. A proteção contra incêndio torna-se assim um fator integrador.

Nessa linha de atuação, a INB nas suas unidades em Resende, mantém uma estrutura de atendimento às emergência onde participam os operadores e os integrantes das equipes de segurança. Nas fábricas de Reconversão e de Pastilhas de UO₂, por exemplo, a Brigada de Incêndio da Unidade presta o atendimento inicial e é posteriormente apoiada pela Brigada de Incêndio da Instalação, responsável pelo atendimento de todo o complexo, além de outras equipes, como radioproteção, proteção física e médica, que igualmente se deslocam durante um incêndio para integrarem o esforço de combate ao sinistro, sempre sob a orientação de um coordenador de emergência, cujo perfil contempla as competências das áreas sob sua supervisão.

5. Considerações finais

É necessário perceber-se que a integração proposta resultará em melhores resultados dos processos de segurança nas organizações nucleares.

Um bom exemplo é a melhoria na eficiência do atendimento às situações de emergências quando da ocorrência de eventos simultâneos, com a participação de mais de uma equipe, como incêndio em locais onde existam fontes radioativas ou material nuclear, o que, se não executada de forma adequada, poderá implicar em contaminação de áreas e de pessoas. Esta é uma das vantagens que se pode observar num sistema de gestão integrado de segurança em instalações nucleares.

Outro não menos importante aspecto a considerar é a necessidade que as organizações nucleares têm de atender diversos órgãos reguladores simultaneamente, além da própria CNEN, o que resulta na elaboração de inúmeros documentos e no conseqüente atendimento às auditorias dos processos de licenciamento a estes órgão vinculados. Incluem o Ministério do Trabalho e Emprego, o IBAMA, o órgão ambiental estadual e o Corpo de Bombeiros. A integração dos processos de segurança, sem dúvida, permitiria a padronização da estratégia de atendimento desses requisitos legais, de forma mais harmoniosa e menos dispendiosa.

Referências

ARNOLD, Lorna. Windscale 1957: *Anatomy of a Nuclear Accident*. London: Macmillan, 1992.

BERTINI, H. W. *Descriptions of Selected Accidents that have Occurred at Nuclear Reactor Facilities*. Nuclear Safety Information Center, 1980.

BRASIL, Comissão Nacional de Energia Nuclear, *Norma CNEN-NN-2.03-Proteção Contra Incêndio em Usinas Nucleoelétricas*, 1999.

BRASIL, Comissão Nacional de Energia Nuclear, *Norma CNEN-NE-2.04-Proteção Contra Incêndio em Instalações Nucleares do Ciclo do Combustível*, 1997.

BRASIL, Comissão Nacional de Energia Nuclear, *Norma CNEN-NE-2.01-Proteção Física de Unidades Operacionais da Área Nuclear*, 1996.

EISENBUD, M. *Environmental Radioactivity*. 1987.

GRIMES, Brian K. *NRC Information Notice 93-7: Fire at Chernobyl Unit 2*. Washington, DC: U S Regulatory Commission, 1993.

IAEA. *Fire Protection in Nuclear Power Plants. Safety Series No. 50-SG-D2 (Ver.1)*, 1992

PACHECO, Waldemar et al. *Gestão da segurança e Higiene do Trabalho*, 2000

PLA, E. *Fire at Vandellós I: Causes, Consequences and Problems Identified*. HIFRENSA.

PURINGTON, G. Robert et al. *Handling radiation emergencies*. NFPA, 1977

SHTEINBERG, Nicolai; JOOSTEN, James; RUTCHKINE, Serguei. *Fire at Chernobyl 2*. Nuclear Engineering International