



COPPE/UFRJ

UMA PROPOSTA DE AGRUPAMENTO DE INDICADORES PARA AVALIAÇÃO DA
EFETIVIDADE DO GERENCIAMENTO DA SEGURANÇA DE USINAS NUCLEARES

José Antonio Barretto de Carvalho

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Nuclear, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Nuclear.

Orientador: Paulo Fernando Ferreira Frutuoso e
Melo

Rio de Janeiro

Março de 2009

UMA PROPOSTA DE AGRUPAMENTO DE INDICADORES PARA AVALIAÇÃO DA
EFETIVIDADE DO GERENCIAMENTO DA SEGURANÇA DE USINAS NUCLEARES

José Antonio Barretto de Carvalho

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO
LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE)
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM
CIÊNCIAS EM ENGENHARIA NUCLEAR.

Aprovada por:

Prof. Paulo Fernando Ferreira Frutuoso e Melo, D.Sc.

Prof. Antonio Carlos Marques Alvim, Ph.D.

Dr. Pedro Luiz da Cruz Saldanha, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

MARÇO DE 2009

Carvalho, José Antonio Barretto de

Uma proposta de agrupamento de indicadores para avaliação da efetividade do gerenciamento da segurança de usinas nucleares / José Antonio Barretto de Carvalho. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2009.

XIV, 82 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Paulo Fernando Ferreira Frutuoso e Melo

Dissertação (mestrado) - UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia Nuclear, 2009.

Referências Bibliográficas: p. 77-82.

1. Indicadores de segurança. 2. Gerenciamento da Segurança. 3. Fatores organizacionais. I. Melo, Paulo Fernando Ferreira Frutuoso e. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia Nuclear. III. Título.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Geraldo (in memoriam) e Helena, que me ensinaram o valor do conhecimento.

À minha filha Renata (para mim: Rê), razão e sentimentos maiores da minha vida.

À minha esposa Suzi, por me encorajar e sempre acreditar no meu sucesso.

Às minhas irmãs Vivi, Cris e Heli, por tudo que elas representam.

À minha enteada Tati, por ter suportado, juntamente com minha esposa, meu mau humor quando as coisas não iam tão bem.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por este trabalho, por tudo o que tenho e por tudo o que sou.

À Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), pelas oportunidades de desenvolvimento profissional e em particular ao Dr. Alexandre Gromann de Araújo Góes por ter permitido cumprir esta etapa.

Ao meu orientador Professor Paulo Fernando Ferreira Frutuoso e Melo, pelos ensinamentos durante o curso e pela disponibilidade e orientações no desenvolvimento do trabalho.

Ao Dr. Pedro Luiz da Cruz Saldanha, pelo suporte nas atividades da CNEN, aliviando, assim, minha carga de trabalho e pelos comentários e sugestões pertinentes no desenvolvimento desta dissertação.

Ao Professor Antonio Carlos Marques Alvim e ao Dr. Pedro Luiz da Cruz Saldanha, pela participação na Banca Examinadora.

Aos funcionários do Programa de Energia Nuclear da COPPE, sempre tão solícitos e profissionais, assim como aos professores e colegas de curso, que colaboraram direta ou indiretamente para o desenvolvimento deste trabalho.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

UMA PROPOSTA DE AGRUPAMENTO DE INDICADORES PARA AVALIAÇÃO DA EFETIVIDADE DO GERENCIAMENTO DA SEGURANÇA DE USINAS NUCLEARES

José Antonio Barretto de Carvalho

Março / 2009

Orientador: Paulo Fernando Ferreira Frutuoso e Melo

Programa: Engenharia Nuclear

Este trabalho desenvolve um agrupamento de indicadores, proativos e reativos, para avaliar de forma global a efetividade do gerenciamento da segurança de usinas nucleares e detectar precocemente indícios da degradação de processos ou atividades que visam estabelecer, manter e garantir as condições de segurança. O agrupamento proposto integra indicadores dos vários processos usualmente utilizados e é baseado na forma como as atividades de gerenciamento são desenvolvidas nas últimas décadas, ou seja: Planejamento, Execução, Verificação e Ação - conhecido como ciclo PDCA -, podendo ser aplicado a sistemas de gerenciamento integrados ou dedicados à segurança.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

A PROPOSAL OF SAFETY INDICATORS AGGREGATION TO ASSESS THE
SAFETY MANAGEMENT EFFECTIVENESS OF NUCLEAR POWER PLANTS

José Antonio Barretto de Carvalho

March / 2009

Advisor: Paulo Fernando Ferreira Frutuoso e Melo

Department: Nuclear Engineering

This work develops an aggregation of proactive and reactive safety indicators in order to evaluate the effectiveness of the nuclear power plants safety management and to detect, in the early stages, signs of degradation of processes or activities used to establish, maintain and assure the safety conditions. The aggregation integrates indicators of the usual processes and is based in the manner the management activities are developed in the last decades, that is: Planning, Doing, Checking and Acting - known as PDCA cycle –, being applicable to integrated or dedicated safety management systems.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE TABELAS	xiii
ÍNDICE DE SIGLAS	xiv
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	1
1.1 MOTIVAÇÃO	1
1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO E FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	2
1.2.1 A evolução da abordagem da segurança	2
1.2.2 O Gerenciamento da Segurança	4
1.2.3 A monitoração da segurança e a efetividade do seu gerenciamento	5
1.3 OBJETIVOS, MÉTODOS E LIMITAÇÕES	7
1.3.1 Objetivos	7
1.3.2 Métodos	8
1.3.3 Limitações	8
1.4 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	9
CAPÍTULO 2 - CONCEITUAÇÃO	10
2.1 SEGURANÇA	10
2.2 O CICLO PDCA	11
2.3 SISTEMAS DE GERENCIAMENTO DA SEGURANÇA	13
2.3.1 Definições	13
2.3.2 Iniciativas na área de gerenciamento da segurança	14
2.3.2.1 AIEA	14
2.3.2.2 NEA	18
2.3.2.3 European Commission	21
2.4 SISTEMA DE GERENCIAMENTO INTEGRADO	22

2.5 A INFLUÊNCIA DOS FATORES ORGANIZACIONAIS E HUMANOS NA SEGURANÇA	23
2.6 OS MODELOS DE GERENCIAMENTO DA SEGURANÇA	26
2.6.1 Modelo baseado nas pessoas	27
2.6.2 Modelo baseado na engenharia	28
2.6.3 Modelo baseado na organização	28
2.7 AVALIAÇÃO DO GERENCIAMENTO DA SEGURANÇA	29
2.8 O USO DE INDICADORES DE SEGURANÇA	30
2.9 INDICADORES PROATIVOS	33
2.10 AGRUPAMENTO DE INDICADORES	37
CAPÍTULO 3 – DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO	43
3.1 PREMISSAS DA DISSERTAÇÃO	44
3.2 O FLUXO DE ATIVIDADES E AS BARREIRAS DE PREVENÇÃO E DETECÇÃO DE PROBLEMAS	45
3.3 DEFINIÇÃO DO AGRUPAMENTO – INDICADORES GLOBAIS	46
3.4 DETERMINAÇÃO DOS SUBNÍVEIS DE INDICADORES – INDICADORES ESTRATÉGICOS	49
3.4.1 CAPACITAÇÃO	49
3.4.2 PLANEJAMENTO	54
3.4.3 EXECUÇÃO	55
3.4.4 AVALIAÇÃO	57
3.4.5 CORREÇÃO	58
3.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE A DETERMINAÇÃO DOS INDICADORES ESPECÍFICOS	60
3.5.1 Características e adequação dos indicadores	60
3.5.2 Alguns exemplos de indicadores específicos	63

3.6 ATRIBUIÇÃO DE PESOS RELATIVOS ENTRE INDICADORES	68
3.7 RESUMO DOS RESULTADOS	69
CAPÍTULO 4 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	73
4.1 CONCLUSÕES	73
4.2 RECOMENDAÇÕES	75
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Evolução dos sistemas de gerenciamento da segurança, adaptado de VINCZE & DAHLGREN PERSSON (2006).	5
Figura 2.1	Ciclo PDCA.	12
Figura 2.2	Componentes do Gerenciamento da Segurança, segundo o INSAG-13 (1999).	17
Figura 2.3	A trajetória de um acidente organizacional, segundo REASON (1997).	24
Figura 2.4	Reação dos indicadores em função da degradação da segurança.	26
Figura 2.5	Desenvolvimento cronológico do conceito de segurança, adaptado de MENGOLINI & DEBARBERIS (2008).	27
Figura 2.6	Processos a serem considerados na avaliação da segurança.	29
Figura 2.7	Relação entre indicadores proativos e reativos.	33
Figura 2.8	Complexidade entre os fatores que afetam a segurança.	35
Figura 2.9	Relação entre a linha de frente e a retaguarda, conforme HOLLNAGEL (2004).	36
Figura 2.10	Escalonamento de indicadores, segundo IAEA (2000).	38
Figura 3.1	Fluxo de atividade ou tarefa.	47
Figura 3.2	Fluxo de atividade e mecanismos de prevenção e detecção de problemas.	48

Figura 3.3	Primeiro nível de agrupamento – Indicadores globais.	49
Figura 3.4	O Ciclo PCDA e suas áreas transversais.	52
Figura 3.5	Indicador global “CAPACITAÇÃO” e seus indicadores estratégicos.	53
Figura 3.6	Indicador global “PLANEJAMENTO” e seus indicadores estratégicos.	55
Figura 3.7	Indicador global “EXECUÇÃO” e seus indicadores estratégicos.	56
Figura 3.8	Indicador global “AVALIAÇÃO” e seus indicadores estratégicos.	58
Figura 3.9	Indicador global “CORREÇÃO” e seus indicadores estratégicos.	60
Figura 3.10	Proposta de agrupamento de indicadores para avaliação da efetividade do gerenciamento da segurança em usinas nucleares.	71

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.1	Os grandes acidentes industriais e as suas causas.	3
Tabela 2.1	Exemplos de níveis de agrupamento de indicadores utilizados.	40

LISTAS DE SIGLAS

AIEA – Agência Internacional de Energia Atômica

APS – Análise Probabilística de Segurança

BMU – *Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit* (Ministério do Meio Ambiente, da Conservação da Natureza e da Segurança Nuclear da Alemanha)

CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear

CQ – Controle de Qualidade

IAEA – *International Atomic Energy Agency*

ICAO – *International Civil Aviation Organization*

INPO – *Institute of Nuclear Power Operations*

INSAG – *International Nuclear Safety Advisory Group*

ISO – *International Organization for Standardization*

NEA – *Nuclear Energy Agency*

NPPs – *Nuclear Power Plants*

OECD – *Organization for Economic Co-operation and Development*

PDCA – Planejar, executar, avaliar e corrigir (em inglês: Plan, Do, Check, Act)

TECDOC – *Technical Document*

TMI – *Three Mile Island*

WANO – *World Association of Nuclear Operators*

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 MOTIVAÇÃO

Dentro das atribuições da Comissão Nacional de Energia Nuclear-CNEN está a responsabilidade pela regulamentação da área nuclear no Brasil, visando a proteção dos trabalhadores, do público e do meio ambiente.

Para a CNEN atingir seus objetivos, são estabelecidos e controlados requisitos de segurança para a prevenção de situações que levem à exposição indevida de pessoas à radiação e, caso não seja possível, requisitos para protegê-las, limitando as doses recebidas ou mitigando as suas consequências. A legislação vigente preconiza que a responsabilidade primária pela segurança seja do operador da atividade nuclear. Portanto, segurança nuclear é o principal atributo que norteia reguladores e operadores e, para isso, é necessário que sejam estabelecidos mecanismos para a sua gestão.

Até meados dos anos 90, o gerenciamento da segurança apoiava-se nos Programas de Garantia da Qualidade, que tinham o objetivo de planejar e controlar as atividades que afetavam a segurança nas fases de construção, montagem, comissionamento e operação, mas de forma individualizada, não tratando a segurança de forma integrada. A partir da emissão da norma CNEN NE-1.26 (1996) e com a revisão da norma CNEN NN-1.16 (1999), novos requisitos foram introduzidos, os quais demandaram mudanças na gestão da segurança. Ainda que de maneira pouco prescritiva, essas mudanças espelhavam a tendência mundial de se levar em consideração além dos aspectos técnicos e humanos das atividades relacionadas à segurança, questões relacionadas à cultura de segurança e aspectos organizacionais.

Durante as atividades de fiscalização da CNEN, deficiências nas áreas de estabelecimento e implantação do gerenciamento da segurança são ou foram encontradas e verifica-se que há várias iniciativas para planejar, controlar e medir as atividades de segurança, porém não há um sistema ou processo formal que integre todas essas atividades. Assim, decidiu-se estudar o gerenciamento da segurança, verificar seu estágio de desenvolvimento na área nuclear e sugerir possíveis contribuições para o mesmo.

Verifica-se que tal gerenciamento tem evoluído constantemente, contudo, não há uma metodologia universalmente aceita e, principalmente, há muitas maneiras de medir a sua efetividade.

Este trabalho propõe uma maneira de verificar a efetividade do gerenciamento da segurança, integrando informações de diversos mecanismos utilizados no planejamento, execução, controle e correção de atividades que influenciam na segurança de usinas nucleares.

1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO E FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

1.2.1 A evolução da abordagem da segurança

Há relatos de acidentes ou doenças relacionadas a determinadas atividades desde antes de Cristo, porém tais acontecimentos eram considerados fatalidades ou desígnios dos deuses (SEVALHO, 1993).

Somente a partir dos Séculos XVI e XVII, relações entre trabalho e doença foram estabelecidas, através dos médicos Paracelso e Ramazzini, entre outros (QUELUZ, 2005).

Um aumento significativo das taxas de acidentes e moléstias profissionais ocorreu durante a Revolução Industrial e teve como consequência o reconhecimento que as

atividades tinham um risco inerente, o que levou ao desenvolvimento de ações de cunho preventivo.

Para desenvolver prevenção é necessário determinar as causas e os fatores contribuintes para o evento indesejável. Conforme se pode observar na Tabela 1.1, ocorreu uma mudança na abordagem da segurança nos últimos 30 anos (MENGOLINI & DEBARBERIS, 2008).

Tabela 1.1 – Os grandes acidentes industriais e as suas causas.

Ano	Acidente	Causa atribuída (foco)
1976	Seveso	Aspectos técnicos
1979	TMI	Erro humano
1984	Bhopal	Cultura de segurança; gerenciamento da segurança
1986	Challenger	
1986	Chernobyl	
1988	Piper Alpha	
1999	Tokaimura	Aspectos organizacionais
2002	Davis-Besse	
2003	Columbia	

Até o acidente na Usina Nuclear de TMI (Three Mile Island) em 1979, a indústria nuclear focava a segurança no projeto e desempenho de equipamentos. Este acidente mostrou falhas em aspectos tais como: tecnologia, procedimentos, treinamento e interface homem-máquina, chamados de engenharia de fatores humanos, que acabou norteando a indústria nuclear durante vários anos. Porém, algumas análises do acidente de TMI já apontavam problemas de gerenciamento.

Já em relação à Usina de Chernobyl, na análise do acidente foram apontadas causas culturais, gerenciais e institucionais, iniciando-se a era da “Cultura de Segurança”, consolidada com a emissão do documento INSAG-4 (1991) pela AIEA.

Após o acidente com o ônibus espacial Columbia em 2003, foi mostrada a importância e a necessidade de uma boa cultura organizacional e comprometimento para se atingir um alto grau de segurança.

1.2.2 O Gerenciamento da Segurança

Ao longo das últimas décadas a indústria nuclear, assim como outras que lidam com tecnologias perigosas, tomou várias medidas no sentido de desenvolver sistemas para levar em consideração a segurança, nas suas várias atividades e ferramentas para medir o grau dessa segurança.

Com a complexidade técnica envolvida nestas atividades e com o desenvolvimento de sistemas de gerenciamento cada vez mais sofisticados, a gestão da segurança buscou se ajustar, para levar em consideração os vários fatores, que foram descobertos ao longo do tempo, que afetam a segurança de uma planta.

A Gestão da Segurança, conforme ilustrado na Figura 1.1, experimentou uma evolução nos métodos de gerenciamento, denominados Sistemas da Qualidade, que teve início com o conceito de Controle da Qualidade, onde o foco era o produto, passou para a Garantia da Qualidade, que de forma sistemática focava todas as etapas de um processo e evoluiu para a Qualidade Total, onde um Sistema estabelece política e objetivos, desenvolvendo meios para o alcance destes de maneira eficiente e efetiva (incluindo-se o uso de indicadores). Hoje, a tendência é um Sistema de Gestão Integrada, onde os diferentes aspectos referentes à gestão de uma atividade ou instalação (segurança nuclear, ambiental, trabalhista e patrimonial; qualidade ou custos) são integrados de maneira coerente, de forma que a organização atinja seus objetivos, tendo a segurança como prioridade (IAEA, 2006a e NEA, 2006).

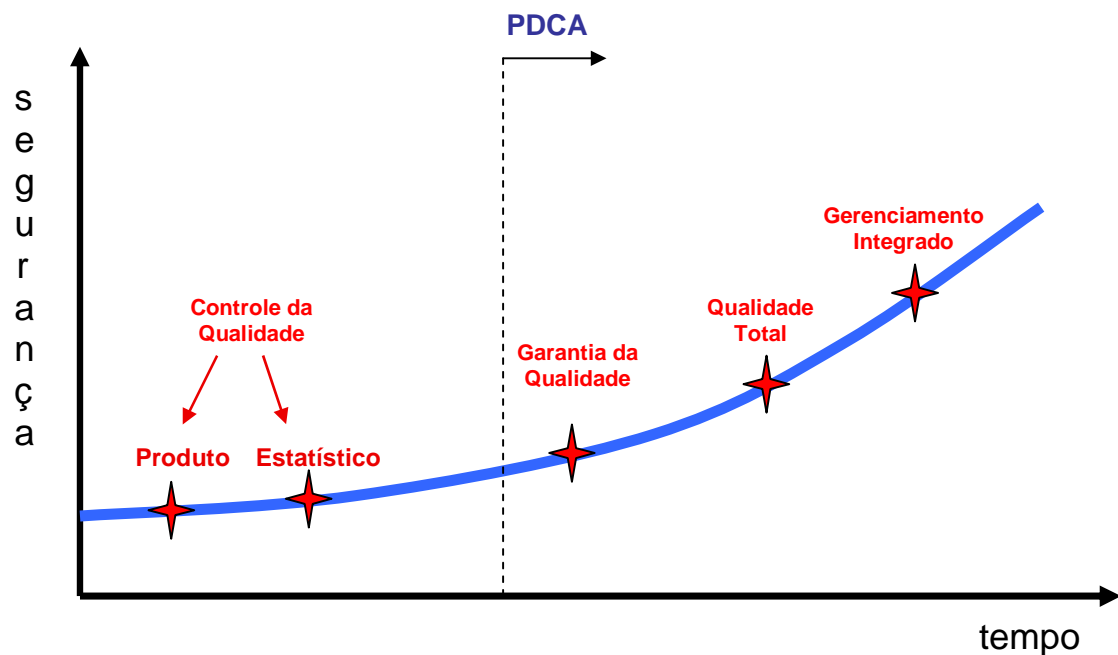


Figura 1.1 – Evolução dos sistemas de gerenciamento da segurança, adaptado de VINCZE & DAHLGREN PERSSON (2006).

1.2.3 A monitoração da segurança e a efetividade do seu gerenciamento

A maneira mais direta de monitorar a segurança é através do desempenho dos sistemas de segurança e da ocorrência de eventos. Mas, a simples contabilização de eventos indesejáveis ou acidentes ocorridos, ainda que importantes, não é suficiente como medida do grau de segurança, pois estes não indicam tendências de declínio da segurança ainda em estágios incipientes (DAHLGREN PERSSON *et al.*, 2001).

RASMUSSEN & SVEDUNG (2000) enfatizam que “num ambiente dinâmico, as fontes de perigo, seus requisitos de controle e fontes de distúrbios mudam constantemente e o gerenciamento do risco não pode ser baseado em respostas a acidentes ou incidentes passados, mas deve ser predominantemente proativo”.

Outra questão é que acidentes nas indústrias que lidam com tecnologia perigosa não são eventos tão comuns e MARAIS *et al.* (2004) enfatizam que o aprendizado a

partir destes eventos não é uma maneira muito eficiente de se reduzir riscos, pois os processos são muito complexos e as organizações muito dinâmicas. A gestão da segurança necessita de sinais antecipatórios de degradação da segurança, que podem aumentar o risco operacional.

A avaliação da efetividade do gerenciamento da segurança deve basear-se em dados obtidos de diversas ferramentas, tais como verificações independentes, auto-avaliações, inspeções, testes, índices, experiência operacional e outros que acabam por disponibilizar uma enorme quantidade de dados.

As usinas nucleares contam usualmente com mais de uma centena de indicadores, em diversos processos de prevenção e detecção de problemas, muitos deles relacionados em maior ou menor grau à segurança, mas nem todas os avaliam de forma integrada ou verificam se estes apontam uma tendência na degradação dos aspectos organizacionais que afetam a segurança.

Nas iniciativas de agrupamento tomadas, observa-se que não há homogeneidade entre elas e suas abrangências ainda são limitadas, o que nos leva a seguinte formulação do problema:

Como agrupar os vários indicadores de segurança que podem ser extraídos dos processos de coleta de dados e controle, normalmente utilizados nas usinas nucleares, para avaliar, de maneira integrada, a efetividade do gerenciamento da segurança e detectar tendências de degradação do mesmo, de maneira a tomar ações corretivas antecipatórias?

As seguintes questões decorrem da formulação do problema, dentro do contexto apresentado:

Q1 - Os sistemas integrados de gerenciamento podem ser aplicados ao gerenciamento da segurança?

Q2 - Como garantir que a segurança tenha prioridade sobre as demais áreas?

Q3 - Quais os benefícios da avaliação integrada da efetividade do gerenciamento da segurança?

- Q4 - A quem interessa a avaliação integrada da efetividade do gerenciamento da segurança?
- Q5 - Quais são os atributos de um gerenciamento da segurança efetivo?
- Q6 - Qual é o agrupamento de indicadores mais adequado para a atividade proposta?
- Q7 - Todos os indicadores afetam a segurança de maneira igual ou na mesma proporção?
- Q8 - Quais as implicações, para operadores e reguladores, da proposta e o impacto da mesma nos atuais sistemas de gerenciamento em vigor?
- Q9 - A proposta apresentada pode ser estendida a outras atividades que lidam com tecnologia perigosa?

1.3 OBJETIVOS, MÉTODOS E LIMITAÇÕES

1.3.1 Objetivos

O objetivo do trabalho é propor um agrupamento de indicadores que possa dar uma visão sobre a efetividade do gerenciamento da segurança, levando em consideração principalmente os aspectos organizacionais, que podem comprometer as atividades que afetam a segurança e que possibilite a detecção precoce da degradação na segurança. Para isso, o trabalho será desenvolvido através das seguintes etapas:

- 1 - Definir o primeiro nível de agrupamento, baseado nos atributos necessários para um efetivo sistema de gerenciamento da segurança e verificar se o mesmo pode estar integrado com o gerenciamento de outras atividades.
- 2 - Estabelecer subníveis para os atributos definidos.
- 3 - Elencar indicadores baseados nos processos mais utilizados nas usinas nucleoeletricas, incluindo indicadores proativos que possam apontar degradação dos níveis de segurança precocemente.
- 4 - Determinar as condições necessárias para a implantação da proposta.

Para o alcance deste objetivo, tem-se que responder a cada uma das questões decorrentes, apresentadas na seção anterior.

1.3.2 Métodos

Processos e métodos nem sempre são estanques e, às vezes, recorre-se mais de um deles de forma complementar ou suplementar para cada etapa do desenvolvimento de um trabalho. Na busca de atingir o objetivo, predominantemente, utilizou-se a pesquisa exploratória (MATTAR, 2000, apud OBADIA, 2004), através dos métodos descritos abaixo.

Levantamento em Fontes Secundárias, através de revisão bibliográfica, para subsidiar o alcance das etapas 1 a 4.

Para as etapas 2 e 3, utilizou-se predominantemente a observação informal, alicerçada na experiência adquirida na área de segurança nuclear.

1.3.3 Limitações

A proposta apresenta as seguintes limitações:

- A abrangência da revisão bibliográfica não foi extensa para outras áreas que não a nuclear;
- Não foi sugerido um método específico para a normalização e determinação dos pesos relativos dos indicadores;
- A proposta é genérica, não levando em consideração fatores específicos de cada organização;
- O agrupamento proposto não leva em consideração a integração da Análise Probabilística de Segurança;
- Não foi objeto do estudo a composição dos custos associados à proposta.

1.4 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

No Capítulo 2 são apresentadas uma revisão bibliográfica e as iniciativas de estudos dos principais organismos internacionais sobre o tema. O desenvolvimento do trabalho está apresentado no Capítulo 3, seguido das conclusões e recomendações descritas no Capítulo 4. Ao final são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas.

CAPÍTULO 2

CONCEITUAÇÃO

Este Capítulo apresenta uma revisão bibliográfica referente aos conceitos e métodos afetos ao gerenciamento da segurança e à monitoração da efetividade do mesmo. Também apresenta as iniciativas mais significativas de organismos internacionais vinculados à área nuclear no que se refere ao gerenciamento da segurança.

2.1 SEGURANÇA

Segundo a Organização de Aviação Civil Internacional (ICAO, 2006), o significado de segurança depende da perspectiva de cada um. Enquanto para alguns usuários, de uma atividade ou produto, segurança pode ser a ausência de acidentes, para outros é a eliminação dos fatores que causam ou possam causar danos.

Infelizmente, a eliminação de acidentes ou de suas consequências é uma meta inatingível, já que nenhuma atividade está totalmente livre de erro ou falha. Portanto, não há risco zero.

Para operadores e reguladores, segurança pode ser o grau com que os perigos inerentes são aceitos ou o controle e minimização das consequências indesejáveis.

Já, segundo o glossário da IAEA (2007), segurança é “o alcance das condições adequadas de operação, prevenção de acidentes ou mitigação de suas consequências, resultando na proteção de trabalhadores, do público e do meio ambiente contra efeitos indesejáveis da radiação”.

ANDERSSON *et al.* (2002) descrevem que segurança está relacionada ao grau de certeza de que riscos indevidos foram removidos.

MARAIS *et al.* (2004) destacam que “segurança não é branca ou preta”, mas uma questão de tentar determinar quanto risco existe numa determinada atividade ou decisão, e quanto esse risco é aceito.

A maioria das definições acima mostra que segurança está relacionada ao gerenciamento do risco, portanto, para este trabalho foi eleita a definição baseada na ICAO (2006) como a mais representativa:

“Segurança é o estado no qual o risco para trabalhadores, para o público e para o meio ambiente é reduzido e mantido num nível aceitável, através de um processo contínuo de identificação de perigos e gerenciamento de risco”.

2.2 O CICLO PDCA

Nas indústrias de processo o método de gerenciamento mais utilizado é o Ciclo PDCA. Este método, que se baseia no controle de processos, foi desenvolvido na década de 30 pelo americano Shewhart, mas foi Deming seu maior divulgador, ficando mundialmente conhecido ao aplicá-lo nos conceitos de qualidade, durante os anos 50, no Japão. Suas letras significam:

- P (Plan = Planejar) - Definir o que se quer, planejar o que será feito, estabelecer metas e definir os métodos que permitirão atingir as metas propostas.
- D (Do = Executar) - Executar o planejado conforme as metas e métodos definidos.
- C (Check = Avaliar) - Verificar se os trabalhos estão sendo executados conforme planejado e se as metas estão sendo atingidas.
- A (Act = Agir, corrigir/melhorar) - Fazer correções, caso tenha sido constatada na fase anterior a necessidade de corrigir ou melhorar processos.

O conceito do ciclo PDCA vem do Método Científico de Francis Bacon representado por hipótese-experimento-avaliação ou planejamento-execução-verificação. Shewhart descrevia o processo de manufatura em três passos: especificação, produção e inspeção e acreditava que os resultados da inspeção deviam ser levados em consideração

na melhoria da qualidade dos bens produzidos (o quarto elemento do ciclo de PDCA: Agir). Os japoneses batizaram este processo de PDCA, embora Deming preferisse PDSA, por achar que S (study, do inglês estudar, investigar, examinar) representava melhor as intenções de Shewhart. O processo, representado simplificadaamente na Figura 2.1, deve ser aplicado de maneira cíclica possibilitando uma melhoria contínua de todas as etapas.

Com o passar dos anos este conceito foi estendido a praticamente todos os campos de gerenciamento como o do conhecimento, da informação, de serviços, estratégico e outros, incorporando as modificações necessárias sem, contudo, mudar sua essência. Além disso, sua utilização foi adotada em subprocessos cada vez menores, de modo a permitir que melhorias e correções em atividades mais simples conduzissem à melhoria dos processos complexos.



Figura 2.1 – O Ciclo PDCA

2.3 SISTEMAS DE GERENCIAMENTO DA SEGURANÇA

2.3.1 Definições

Não há uma definição única para gerenciamento da segurança; destacam-se aqui apenas algumas utilizadas nas indústrias nuclear e aeronáutica.

INSAG 13 (1999)

O Sistema de Gerenciamento de Segurança compreende os arranjos feitos pela organização para o gerenciamento da segurança de modo a promover uma sólida cultura de segurança e atingir uma bom desempenho da segurança.

NEA (2006)

Gerenciamento da Segurança é o termo usado para as medidas organizacionais aplicadas para garantir que um nível aceitável de segurança seja mantido durante toda a vida da instalação.

BMU (2004)

Gerenciamento da Segurança é a totalidade das atividades relacionadas ao planejamento, organização, gerenciamento e controle de indivíduos e atividades com a intenção de alcançar efetivamente um alto nível de desempenho da segurança, isto é, para alcançar uma alta qualidade das atividades relevantes para a segurança e para promover uma cultura da segurança altamente desenvolvida.

SVENSON *et al.* (2006)

Genericamente falando, gerenciamento da segurança compreende o estabelecimento de um processo de gerenciamento comprometido em determinar as ameaças a um sistema ou ao seu ambiente, o nível de risco de uma atividade ou produto em particular e circunstâncias em que desvios dos processos possam ser associados com risco.

ICAO (2006)

Um Sistema de Gerenciamento da Segurança é uma abordagem organizada para gerenciar a segurança, incluindo as estruturas organizacionais, responsabilidades, políticas e procedimentos necessários.

Embora aparentemente diferentes tais definições são compatíveis e podem ser resumidas no seguinte:

Gerenciamento da segurança são as medidas organizacionais sistematizadas para alocar recursos e prover meios para que:

- os riscos (perigos e suas consequências) sejam identificados;
- medidas de prevenção e proteção sejam tomadas;
- a efetividade das medidas adotadas seja avaliada;
- melhorias e correções sejam implantadas.

2.3.2 Iniciativas na área de gerenciamento da segurança

Nos últimos anos, vários organismos internacionais patrocinaram discussões e estudos para o aprimoramento da gestão da segurança. Entre esses, os mais representativos são:

2.3.2.1 AIEA

Após o acidente de Chernobyl, a AIEA criou o Grupo Internacional de Aconselhamento em Segurança Nuclear (INSAG), com a tarefa de servir de fórum para a troca de informações em questões relevantes para a segurança e formular princípios de segurança. O INSAG-3 (1988) reconheceu a importância da cultura da segurança para garantir que altos padrões de segurança fossem atingidos pelas organizações e indivíduos.

O termo Cultura da Segurança foi expandido no INSAG-4 (1991), enfatizando que a mesma, além de comportamental, tinha um aspecto estrutural, que compreendia os arranjos organizacionais para o alcance da segurança, comumente descrito como Sistema de Gerenciamento da Segurança.

O Relatório INSAG-13 (1999) propõe, baseado nas ideias do INGAG 4 (1991), a construção e desenvolvimento de um conjunto de aspectos universais para um efetivo Sistema de Gerenciamento da Segurança. O trabalho, que foi baseado nas melhores práticas de Garantia da Qualidade e Sistemas de Gerenciamento apontados em publicações anteriores da AIEA, além da definição já apresentada, aponta os seguintes objetivos de um Sistema de Gerenciamento da Segurança:

- melhorar o desempenho da segurança da organização através do planejamento, controle e supervisão das atividades relacionadas à segurança em transientes normais e situação de acidentes e
- promover e apoiar uma sólida cultura de segurança através do desenvolvimento e reforço das boas atitudes e comportamento de segurança em indivíduos e equipes de forma a permitir que os mesmos realizem suas tarefas com segurança.

Destacam-se os seguintes aspectos gerais do gerenciamento da segurança, apontados no Relatório:

- A organização de um Sistema de Gerenciamento da Segurança é considerada parte integrante do Sistema da Qualidade e os mecanismos usuais de avaliação da qualidade (como auditorias) são algumas das muitas maneiras de se avaliar a efetividade deste gerenciamento.
- O gerenciamento deve contemplar as atividades que impactam a segurança de forma direta ou indireta, mesmo aquelas não relacionadas exclusivamente à segurança.
- O gerenciamento deve atender aos requisitos obrigatórios, sejam eles legais, regulatórios ou contratuais.
- Muitas organizações possuem os componentes de um efetivo Gerenciamento da Segurança, entretanto, em alguns casos estes não estão explicitamente reconhecidos e integrados como parte deste gerenciamento.

- É benéfico o desenvolvimento de um documento geral explicando o Sistema de Gerenciamento da Segurança para todo o pessoal da organização, o porquê de seus componentes e como estes se relacionam.
- Necessidade de atenção especial com mudanças organizacionais, motivadas por pressões de mercado, aceitação pública, desregulamentação, terceirização e outros.
- Necessidade de se ter mecanismos efetivos de monitoração que detecte declínio no nível de segurança.
- Os principais componentes do Gerenciamento da Segurança, apresentados na Figura 2.2, são descritos a seguir.

Definição dos requisitos de segurança e organização

Existência de uma estrutura de gerenciamento da segurança com responsabilidades e atribuições claras para garantir a segurança e o cumprimento de requisitos legais, regulatórios e da própria organização operadora.

Estabelecimento de uma Política de Segurança que demonstre o compromisso prioritário da Organização com um alto desempenho da segurança. Tal política deve ser sustentada por padrões e metas de segurança e por recursos necessários para o alcance das mesmas.

Planejamento, controle e suporte

Atividades relacionadas à segurança são planejadas e os riscos para saúde e segurança são identificados.

Os trabalhos são adequadamente controlados e autorizados. O grau de controle depende da significância da atividade para a segurança.

Trabalhadores têm competência para realizar suas tarefas com segurança e efetividade.

Comunicação efetiva e suporte à equipe permitem que trabalhadores recebam orientações, informações e ajudas necessárias e permitem que os mesmos forneçam o retorno necessário para outros dentro da organização.

Gerentes e supervisores promovem e sustentam as boas práticas de segurança e corrigem as más.

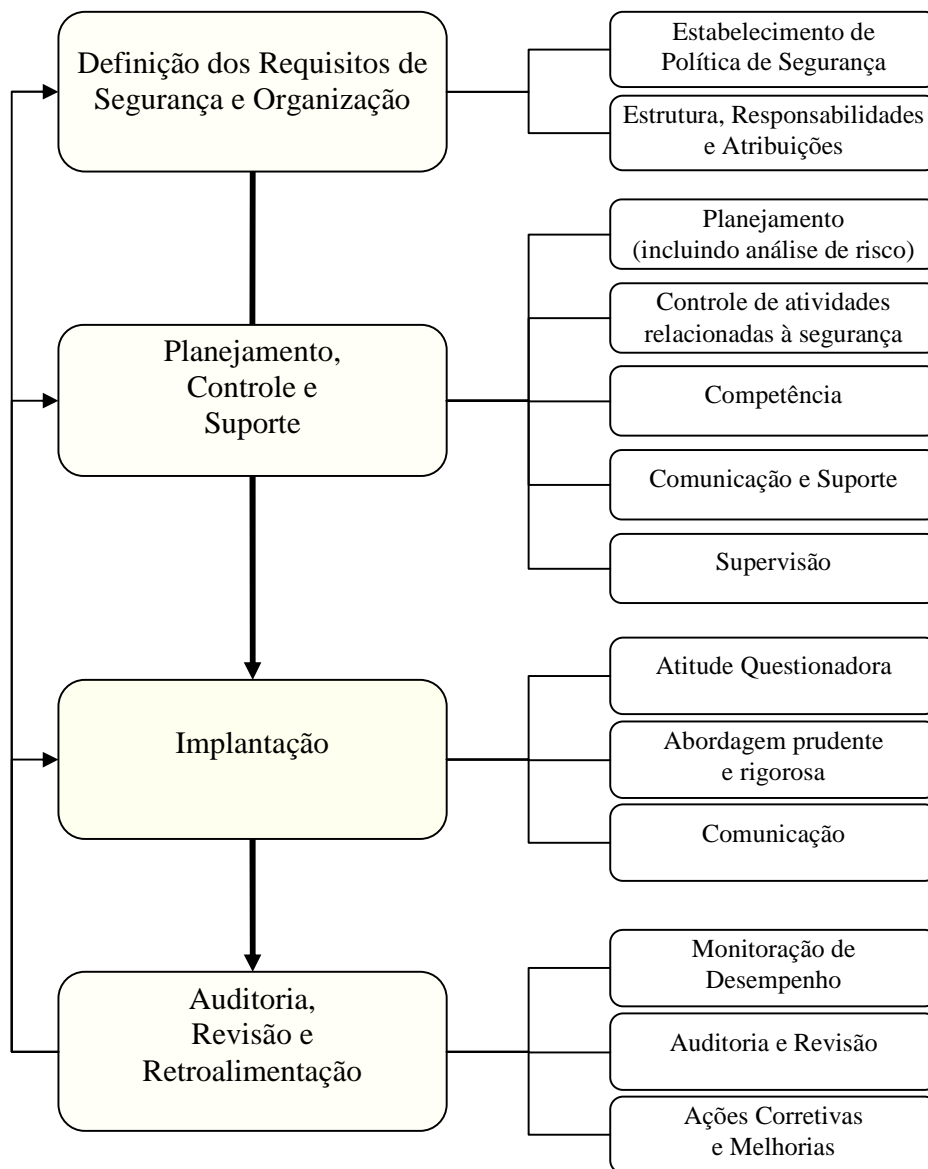


Figura 2. 2 – Componentes do Gerenciamento da Segurança, segundo INSAG-13 (1999)

Implantação

A efetividade do Sistema de Gerenciamento da Segurança é essencialmente dependente da contribuição de indivíduos que atuam e se beneficiam deste Sistema.

Auditoria, Revisão e Retroalimentação

Sistemas de auditoria e revisões fornecem informações sobre o desempenho da segurança de forma a dar à organização a garantia de que a sua política de segurança está sendo implantada efetivamente e para que a mesma aprenda, através de suas e outras experiências, a melhorar a segurança.

2.3.2.2 NEA

Em 2001, um Subgrupo do Grupo de Trabalho em Práticas de Inspeção do Comitê de Atividades Regulatórias Nucleares da NEA/OECD publicou um Relatório (NEA, 2001) sobre avaliação da efetividade do licenciado em gerenciar a segurança. Este relatório aponta os seguintes elementos a serem incluídos no sistema de gerenciamento da segurança:

Política

Políticas expressarão a visão, a missão e os valores como uma referência escrita e incluirão declarações sobre objetivos, estratégias e padrões.

Organização

Documentação estabelecerá como as políticas devem ser implantadas para controlar as pessoas, os processos e a instalação. Recursos deverão ser alocados para identificar necessidade de pessoas para cada tarefa, com suficiente margem para fazer frente ao inesperado. Responsabilidades, atribuições e estrutura organizacional deverão ser identificadas assim como treinamento, conhecimento, experiência e habilidades

necessárias a cada pessoa. Terceirizações permitidas serão descritas, incluindo como os contratados serão gerenciados e supervisionados.

Planejamento e implantação

Documentação identificará os sistemas de planejamento e os programas de implantação e as práticas que devem ser seguidas.

Monitoração

Documentação identificará o controle da qualidade e as práticas de monitoração dos trabalhos que devem ser seguidas.

Auditorias

Documentação identificará o regime de auditoria para os processos.

Revisão

Documentação identificará como o sistema de gerenciamento é regularmente revisto para buscar melhorias relevantes.

Como se pode perceber a estrutura apresentada pela NEA é em sua essência a mesma do INSAG-13 e ambas estão alicerçadas no ciclo PDCA.

A OECD/NEA publicou um relatório (NEA, 2006) que consolida um trabalho desenvolvido pelo Grupo de Fatores Humanos e Organizacionais a pedido do Comitê de Ações Regulatórias Nucleares para examinar o papel e a influência da gestão da segurança na operação de usinas nucleares. O trabalho consistiu de um *Workshop* em 2002, seguido de uma pesquisa entre reguladores e operadores sobre práticas relevantes e desenvolvimentos, realizada em 2003 e 2004. O relatório faz uma relação entre gerenciamento e cultura da segurança e reforça a necessidade de ações positivas de

reguladores e operadores para garantir o desenvolvimento e manutenção de um sistema de gerenciamento da segurança robusto. Também faz um balanço das teorias organizacionais e suas aplicações no gerenciamento da segurança na indústria nuclear e ao final apresenta as seguintes conclusões principais:

- Há uma clara tendência dos reguladores em desenvolver requisitos e diretrizes na área de gerenciamento de segurança.
- Há tendência de se tratar a segurança dentro de um gerenciamento integrado, onde segurança, qualidade e negócios não são entendidos como atividades que devam ser gerenciadas de formas diferentes
- As seguintes ações devem ser consideradas para futuros desenvolvimentos: atualizar a pesquisa sobre gerenciamento de segurança em intervalos regulares, publicar material comparando as abordagens de avaliação do gerenciamento da segurança pelos reguladores (incluindo outras indústrias além da nuclear), intercâmbio de experiências em supervisão regulatória e abordagem do operador na área de cultura da segurança, definir claramente as competências necessárias para a implantação e operacionalização do Gerenciamento da Segurança como parte de um Sistema Integrado de Gestão e identificar boas práticas em tratar as deficiências organizacionais identificadas.

A NEA (2006) aponta que processos organizacionais que sustentam os desempenhos humanos e técnicos são identificados como linhas de defesa potenciais. A análise operacional demonstra que falhas latentes podem comprometer seriamente a segurança e estas falhas podem ocorrer em todos os níveis da organização. Mais seriamente, estas podem afetar os mais altos níveis e permanecer despercebidas por longo período. Por isso, é prudente garantir que estas importantes linhas de defesas organizacionais sejam adequadamente especificadas, implantadas e sustentadas.

A NEA (2006) descreve que um Sistema de Gerenciamento da Segurança é baseado nos seguintes níveis:

- Filosofia de Gerenciamento, onde é estabelecido que segurança é o critério primário na tomada de decisão.

- Política de Segurança, onde são especificados claramente objetivos, diretrizes e metas.
- Arranjos organizacionais e técnicos, para implantar a política de segurança nas práticas, através dos requisitos a serem seguidos e meios para planejar, organizar, e executar as atividades.
- Práticas de trabalho e atitudes, onde ocorrem efetivamente as ações que podem impactar a segurança.

Dois áreas adicionais são requeridas para garantir a operacionalização do Sistema de Gerenciamento da Segurança:

- Comunicação, que deve permear todos os níveis da organização e
- Monitoramento, para certificar que o sistema está sendo implantado efetivamente.

O trabalho destaca que um elemento essencial neste processo que apresenta deficiências frequentemente é o de correção e melhorias (o A do ciclo PDCA). Por isso, o Gerenciamento da Segurança deve garantir que problemas não sejam apenas identificados, mas que levem a ações e melhorias tangíveis.

2.3.2.3 European Commission

O relatório da Comissão da Comunidade Europeia (WILPERT *et al.*, 1999), dedicado à influência dos fatores organizacionais na segurança nuclear, fez uma avaliação de 13 relevantes modelos de fatores organizacionais existentes, onde foram levantados mais de 160 fatores diferentes, sendo que muitos deles cobriam aspectos semelhantes. Através de um julgamento por especialistas, este sugere uma categorização genérica, composta dos seguintes fatores: (1) Relações Interorganizacionais, (2) Visão, Objetivos e Estratégias, (3) Supervisão e Controle, (4) Gerenciamento da Operação, (5) Alocação de Recursos, (6) Desempenho e (7) Tecnologia. Ao final conclui que a variedade de métodos existentes se deve ao fato destes terem sido desenvolvidos com base em noções implícitas do porquê estes eram apropriados à resposta de um dado

problema. Transformar estas noções em algo mais explícito pode ajudar a melhorar o processo de decisão.

Já CHAKRABORTY *et al.* (2003), fruto de um trabalho também patrocinado pela Comissão Europeia, fazem um balanço do uso de indicadores, identificam as boas práticas e apontam indicadores baseados em risco como os mais recomendados, porém destacam que a APS não possui uma abordagem aceitável para aspectos organizacionais, que sabidamente são determinantes nos grandes acidentes. No sentido de suprir esta deficiência, o trabalho propõe uma ampla revisão da experiência operacional para se determinar fatores gerenciais, organizacionais e culturais que influenciaram eventos precursores.

BMU (2004) descreve que uma empresa deve planejar, organizar, gerenciar, controlar e supervisionar os inúmeros e inter-relacionados processos relacionados à segurança. A visão presente é que uma abordagem baseada em processo deve ser utilizada, aplicando-se o ciclo PDCA nos sistemas de gerenciamento da segurança.

2.4 SISTEMAS DE GERENCIAMENTO INTEGRADO

A Agência de Energia Nuclear em seu estudo sobre as abordagens sistemáticas do gerenciamento da segurança (NEA, 2006) aponta que há uma tendência de desenvolvimento de um Sistema de Gerenciamento Integrado no qual segurança, qualidade e negócios não são entendidas como atividades separadas a serem gerenciadas de maneiras diferentes. Isto significa que as questões relacionadas com segurança, qualidade, meio ambiente, recursos humanos e econômicos devem ser tratadas de forma holística. A maneira como esses vários objetivos são integrados é uma questão a ser resolvida por cada organização.

A AIEA publicou os Requisitos de Segurança (IAEA, 2006a) para estabelecer, implantar, avaliar e melhorar continuamente um Sistema de Gerenciamento de Instalações e Atividades que integre aspectos de segurança, saúde ocupacional, meio ambiente, proteção física, qualidade e econômicos. Ênfase é dada à segurança como o

princípio fundamental no qual este Sistema de Gerenciamento é baseado, sendo que a integração tem por objetivo a verificação de que todas as atividades não implicam no comprometimento da segurança. Este documento (IAEA, 2006a) declara que tais requisitos sustentam o alcance dos dois objetivos gerais do INSAG-13 (1999) que são a melhoria da segurança e a promoção de uma sólida Cultura de Segurança.

O órgão regulador alemão (BMU, 2004) descreve que o gerenciamento da segurança é uma parte integral do Sistema de Gerenciamento da Qualidade e do Sistema de Gerenciamento Integrado. Isto implica que a delimitação e interfaces do gerenciamento da segurança com os outros sistemas de gerenciamento devem ser apropriadamente definidas e reguladas.

Todos os documentos descritos acima enfatizam que o Gerenciamento Integrado é baseado no ciclo PDCA e é uma evolução do Gerenciamento da Qualidade. Percebe-se que tal integração originou-se da complexidade dos processos utilizados na indústria nuclear, que envolvem muitas vezes dois ou mais aspectos, e ao uso de ferramentas gerenciais, tais como programação de trabalhos, análises críticas, autorizações, procedimentos, registros e outros, que são comuns a todos os aspectos relacionados.

2.5 A INFLUÊNCIA DOS FATORES ORGANIZACIONAIS E HUMANOS NA SEGURANÇA

Como já visto, a operação segura de uma instalação industrial depende não só de fatores técnicos, mas também de fatores humanos e organizacionais e de suas interrelações. REASON (1997) define acidentes organizacionais como aqueles que têm múltiplas causas envolvendo várias pessoas nos diferentes níveis de uma organização e são consequência do aumento da complexidade das relações entre pessoas e sistemas, fruto das inovações tecnológicas.

Segundo REASON, (1997) os acidentes acontecem quando há uma quebra das múltiplas barreiras normalmente utilizadas por instalações que lidam com tecnologia perigosa. Estas barreiras, que caracterizam o conceito de defesa em profundidade, podem

ser físicas ou administrativas, sendo na maioria das vezes uma combinação destas. Cada uma busca ser imune a falhas na barreira anterior, o que leva a um alto grau de confiança que um acidente não acontece devido à falha de uma única barreira.

REASON (1997) sugere que há dois tipos de falhas em sistemas complexos: falhas ativas e falhas latentes.

Falhas ativas são aquelas que têm um efeito adverso imediato. Estas estão normalmente associadas às atividades da “linha de frente”, ou seja, são falhas cometidas pelos executores da tarefa, através de erros ou violações.

Falhas latentes são ações cujas consequências danosas podem ficar hibernando por longo período, tornando-se aparentes somente quando são combinadas com fatores locais e com falhas ativas ou técnicas, de forma a criar um alinhamento propício de falhas que levam a um acidente ou incidente.

A Figura 2.3, que faz uma analogia com um queijo suíço, ilustra o descrito acima.

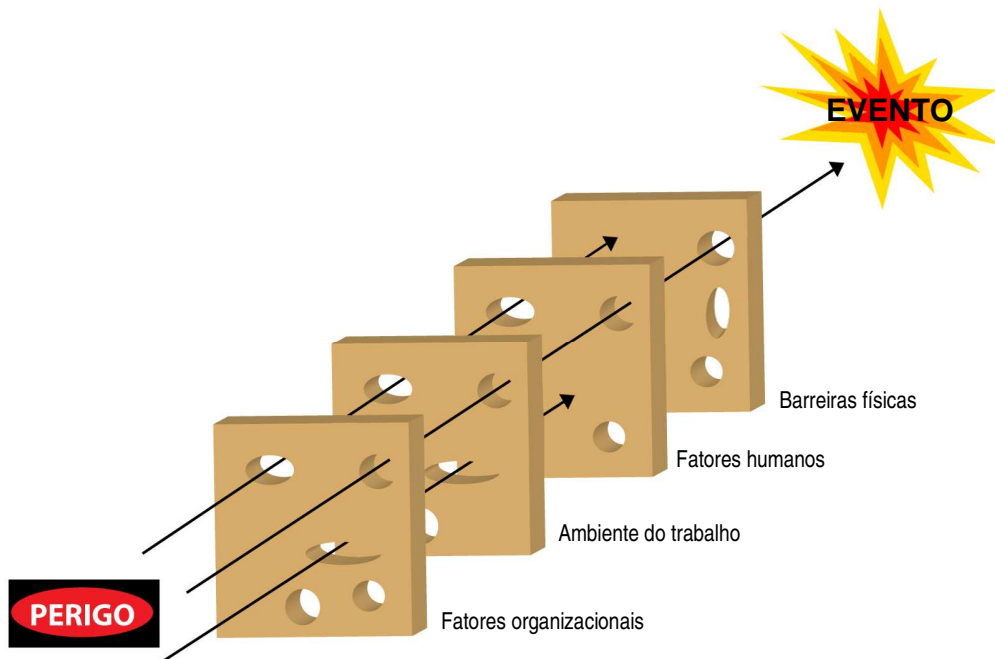


Figura 2.3 – A trajetória de um acidente organizacional, segundo Reason (1997)

REASON (1997) argumenta que em sua maioria as falhas ativas são consequências e não causas. Falhas latentes podem aumentar a probabilidade de ocorrência de condições ambientais de trabalho adversas, que resultem em erros ou violações. Enquanto as falhas ativas tendem a ser únicas para um dado evento, PERROW (apud REASON, 1997) diz que erros humanos e organizacionais são capazes de afetar mais de uma camada de proteção (barreira) simultaneamente (falha de causa comum) e que ao se alinharem com diferentes fatores causam consequências distintas.

Normalmente, para um acidente acontecer as falhas latentes já estão alinhadas e o disparado é dado por uma falha ativa de difícil previsão, sendo que há casos, como o acidente da Challenger, onde os mesmos acontecem sem que falhas ativas tenham ocorrido. Portanto, o monitoramento das falhas latentes é fundamental para a prevenção dos mesmos.

Segundo MENGOLINI & DEBARBERIS (2008), indicadores organizacionais e de cultura de segurança podem prover sinais antecipatórios (chamados indicadores proativos) de que processos críticos não estão funcionando como deveriam. Conforme ilustrado na Figura 2.4, análises de eventos recentes nas áreas nuclear e não-nuclear mostram como a identificação destes sinais antecipatórios é crucial na prevenção de acidentes.

Se um sistema monitora efetivamente o estado das suas barreiras organizacionais e condições contextuais “identificando e tapando os buracos do queijo”, a probabilidade de acidentes ou incidentes pode ser mantida dentro das margens aceitáveis. Com a adoção de ações corretivas, as barreiras são restauradas em um ponto, mas devido às complexidades organizacionais e operacionais, estas podem ser quebradas em outros pontos, portanto, diferentemente de um “queijo suíço”, tais barreiras têm “buracos” dinâmicos, mas se o tempo que um determinado “furo” estiver presente for minimizado, a chance do alinhamento indesejável diminuirá.

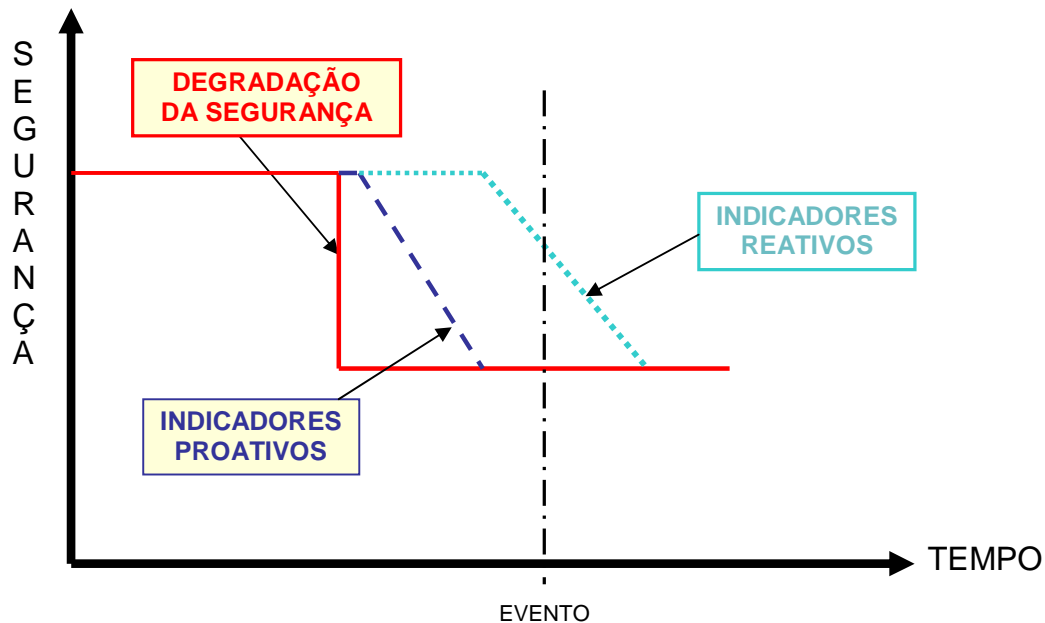


Figura 2. 4 - Reação dos indicadores em função da degradação da segurança

LLORY (apud OBADIA, 2004) fez análises ampliadas de acidentes industriais e considera que estamos vivendo a era do acidente organizacional, caracterizada pela influência decisiva da gestão organizacional sobre a segurança de operação de processos industriais. Ele também comenta sobre a existência de condições latentes na organização, vinculadas a situações precisas de trabalho, que atuam como precursores de incidentes graves e acidentes.

2.6 OS MODELOS DE GERENCIAMENTO DA SEGURANÇA

Segundo D. M. DeJOY (apud MENGOLINI & DEBARBERIS, 2008), vários autores reconhecem o crescimento do papel dos fatores organizacionais na segurança como a terceira era da segurança, enquanto a tecnologia de controle de perigos foi

identificada como a primeira e os fatores humanos como a segunda, conforme ilustrado na Figura 2.5.

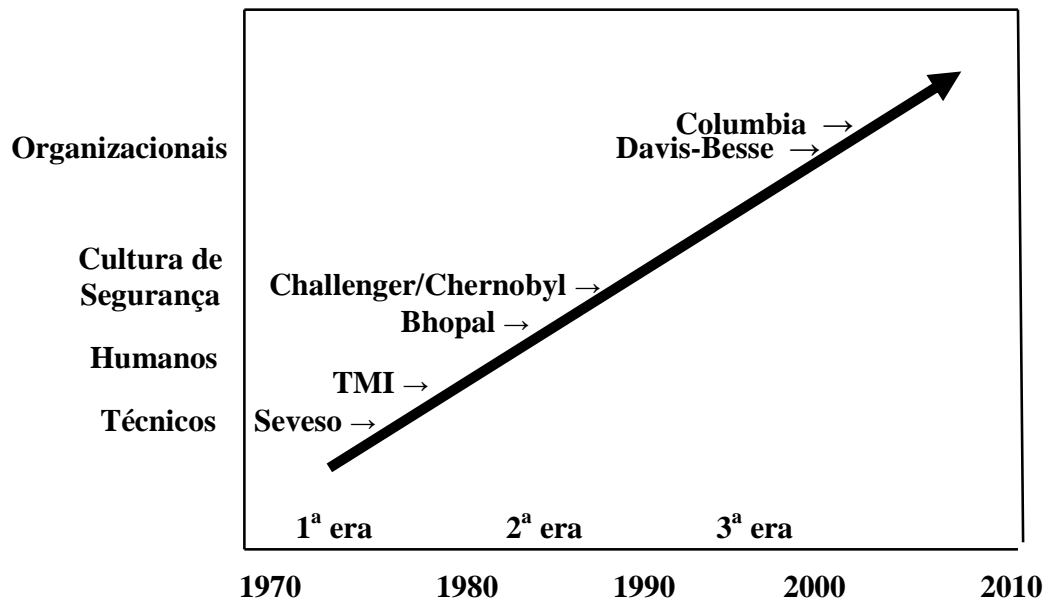


Figura 2.5 - Desenvolvimento cronológico do conceito de segurança, adaptado de MENGOLINI & DEBARBERIS (2008).

REASON (1997) apresenta esta evolução das abordagens para o gerenciamento da segurança através de 3 modelos.

2.6.1 Modelo baseado nas pessoas

Este modelo é exemplificado pela tradicional segurança ocupacional (industrial). A ênfase é nos atos inseguros e nos acidentes de trabalho, onde o operário é livre para escolher entre atos seguros ou inseguros. As medidas mais usadas para aumentar a segurança são pôsteres de conscientização, recompensas e punições, uso de equipamento de proteção individual, treinamento e seleção, procedimentos e auditorias. A efetividade é

medida por estatística de danos pessoais, tais como: morte, tempo de afastamento do trabalho, necessidade de tratamento médico, atendimentos médicos e outros.

2.6.2 Modelo baseado na engenharia

Este modelo tem sua origem na engenharia de confiabilidade, na ergonomia, no gerenciamento de risco e análise de confiabilidade humana. A segurança é vista como algo que tem que ser “engenheirada” e deve ser quantificada tanto quanto possível, em termos probabilísticos. Em contraste ao modelo baseado nas pessoas, o erro humano é atribuído a fraquezas na interface homem-máquina, ou seja, numa deficiência dos projetistas em conceber um sistema que não tenha levado em consideração as limitações e fraquezas dos operadores. Tipicamente este modelo foca como o desempenho dos operadores da linha de frente (operadores de sala de controle, pilotos, etc.) é influenciado pelo ambiente de trabalho e pelas interfaces homem-máquina. Diversas técnicas de avaliação de risco nasceram para sustentar este modelo, tais como: Análise de Perigo e Operabilidade, Análise Probabilística de Segurança, Análise de Confiabilidade Humana, Estudo de Confiabilidade e Manutenibilidade, Análise de Modo e Efeito de Falha, dentre outras.

2.6.3 Modelo baseado na organização

Para este modelo, erros humanos são sintomas que revelam a presença de condições latentes num sistema como um todo e são mais uma consequência do que uma causa. O modelo enfatiza a necessidade de monitoramento proativo e aprimoramento constante. Assim, o mesmo tem muito em comum com o Gerenciamento pela Qualidade Total e ambos são vistos como importantes para o aumento da resistência ao risco operacional. Em muitos aspectos, o modelo baseado na organização é uma simples extensão do modelo baseado na engenharia e não é de forma alguma incompatível com este.

2.7 AVALIAÇÃO DO GERENCIAMENTO DA SEGURANÇA

As iniciativas descritas em 2.3.2 apontam a necessidade da verificação da efetividade do gerenciamento da segurança pela alta gerência.

Tais trabalhos também são unânimes em apontar que não é possível medir a segurança através de um único indicador. Conforme ilustrado pela Figura 2.6, todos destacam que há uma série de informações extraídas de diversos processos utilizados nas usinas nucleares que devem ser levadas em consideração ao se avaliar a segurança, tais como: resultados de auditoria, revisões independentes, auto-avaliações, experiência operacional, inspeções, testes, plano de ações corretivas e outros, mas não necessariamente apontam um método para tal avaliação.

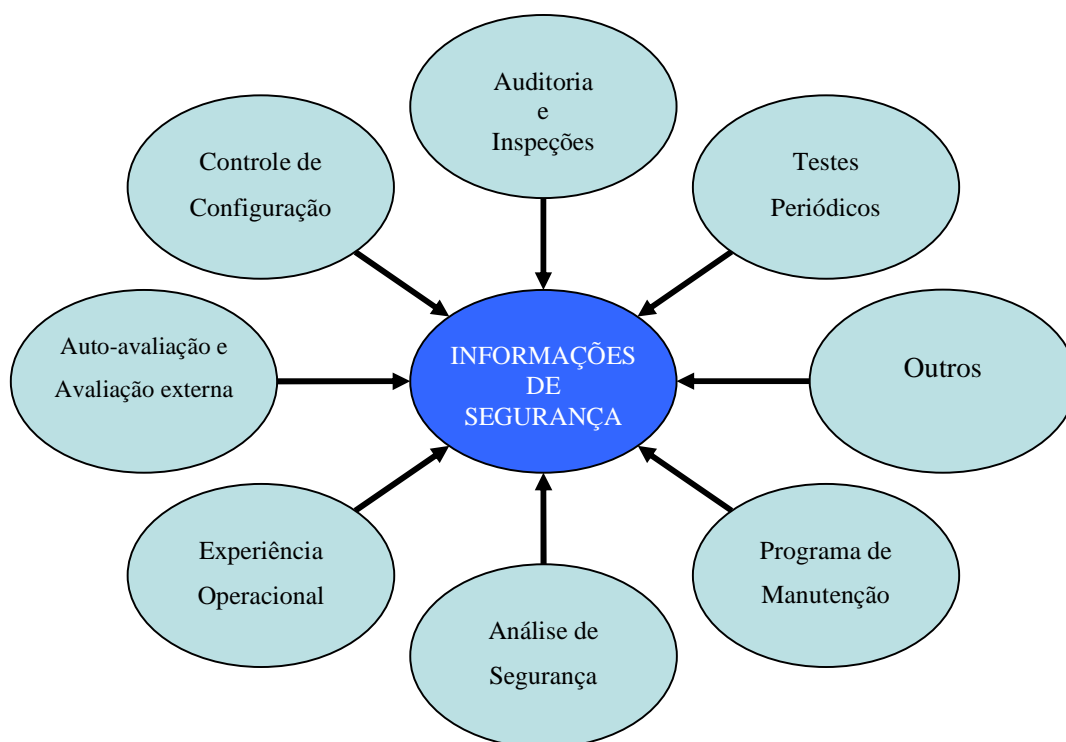


Figura 2.6 – Processos a serem considerados na avaliação da segurança

A AIEA (IAEA, 2006b) destaca que para evitar declínio da segurança, a alta direção deve permanecer vigilante e autocrítica. Para isso é necessário estabelecer avaliações objetivas que sejam compatíveis com o tamanho e tipo da organização, que reduzam o risco de complacência e reajam a qualquer tendência de declínio.

A Agência de Energia Atômica (NEA, 2006) aponta o monitoramento como chave no processo revisão-aprendizado-melhoria e o BMU (2004) destaca que o mais alto nível gerencial deve rever o Sistema de Gerenciamento da Segurança em intervalos regulares, considerando requisitos internos e externos, para garantir que este continue plausível, adequado e efetivo. Tal revisão deve incluir a avaliação de necessidades de mudança, incluindo políticas e objetivos.

Importante destacar SIMONS (apud AHLERT & KRONMEYER FILHO, 2004) que afirma: “se um administrador não compreende o relacionamento causa e efeito entre um processo de transformação e os resultados que se deseja alcançar, efetivamente pouca utilidade pode obter de um sistema de monitoramento”.

2.8 O USO DE INDICADORES DE SEGURANÇA

A avaliação do gerenciamento da segurança deve ser dinâmica e levar em consideração o uso de ferramentas quantitativas e qualitativas, sendo o uso de indicadores uma das mais utilizadas atualmente, pois estes facilitam a visão entre o desejado e o alcançado, ou seja, “onde estamos e quão longe estamos de onde deveríamos estar”. Mais do que isso, os indicadores podem nos dar uma visão de quanto nos aproximamos ou nos afastamos de nossos objetivos, sendo esta última muito importante, pois se o valor absoluto da segurança pode carregar um grau enorme de incerteza, o indicativo de sua melhoria ou degradação já constitui uma contribuição valiosa para o processo de tomada de decisão.

Um indicador tem a intenção de resumir um processo de observação, coleta de dados e avaliação. Isto pode acontecer através de um processo manual composto de pessoa-registro-critério de aceitação, um processo automático composto de instrumento-

processamento-ponto de ajuste ou ainda uma mescla entre eles. A vantagem é que um indicador traduz a complexidade associada a estas operações em uma quantidade ou qualidade mais facilmente entendida. Portanto, pode-se perceber que o uso de indicadores está associado a um sistema de coleta e processamento de dados e ao estabelecimento de metas ou objetivos, sendo que a adequação e confiabilidade deste sistema é fator condicionante para a efetividade do monitoramento, ou seja, só se deve medir aquilo que se é capaz de coletar, descrever e avaliar de maneira efetiva.

Segundo MAROÑO et al (2006), os primeiros sistemas de indicadores na área nuclear apareceram no início dos anos 80, desenvolvidos pelo INPO, que media o desempenho de usinas nucleares, incluindo a segurança e pela AIEA que iniciou um Programa de Indicadores de Segurança Operacional que resultou na proposição de um grupo de indicadores numéricos (IAEA, 1991).

A partir de 1995, a AIEA passou a dar ênfase ao desenvolvimento de Indicadores de Segurança para Usinas Nucleares que levassem em conta fatores culturais e organizacionais e após um estudo piloto, em 4 diferentes usinas/países, publicou o TECDOC 1141 - *Operational Safety Performance Indicators for NPPs* (IAEA, 2000). O objetivo do estudo era validar a aplicabilidade e viabilidade da abordagem proposta para desenvolvimento de indicadores de segurança, baseada em três atributos chaves associados à operação segura, a saber:

- Planta opera sem problemas,
- Planta opera com baixo risco e
- Planta opera com uma atitude proativa de segurança,

a serem avaliados por três níveis de indicadores: globais, estratégicos e específicos.

Em 2001, foi realizada uma Conferência Internacional sobre Segurança Nuclear, onde “Indicadores de Segurança” foi escolhido como um dos tópicos relevantes a ser discutido (DAHLGREN PERSSON *et al.*, 2001). As discussões mostraram a preocupação em se monitorar a cultura de segurança e a constatação de que a maioria das plantas utilizava-se dos indicadores da WANO e que estes não são diretamente

relacionados à segurança operacional. Dentre as conclusões e recomendações destacam-se:

- o uso de indicadores (proativos e reativos) deve ser complementado por outras formas de avaliação da segurança, incluindo a consideração da cultura de segurança e aspectos organizacionais.
- o uso da estrutura proposta pelo TECDOC 1141 (IAEA, 2000) no desenvolvimento de indicadores.
- o uso de um subconjunto destes indicadores pelos reguladores.
- continuidade do Projeto de Pesquisa da AIEA em curso. Porém, questões relacionadas à intercomparação entre indicadores de segurança e informação dos mesmos ao público ficaram como uma discussão para o futuro.

Durante o período de 2000 a 2003, a AIEA coordenou um projeto de pesquisa com o objetivo de assistir as usinas a desenvolverem, implantarem e avaliarem um Programa de Indicadores de Segurança. Participaram desde projeto 11 usinas de 9 países.

Em SAQIB & SIDDIQI (2005), que foi um dos trabalhos coordenados pela AIEA, é enfatizado que a definição dos indicadores aplicáveis e suas metas são específicas, pois dependem dos processos utilizados e dos sistemas de coleta de dados de cada planta, impossibilitando comparações viáveis entre as mesmas. Os indicadores são basicamente para balizar o gerenciamento, através da comparação do desempenho destes indicadores ao longo de um período e não para dar um valor absoluto da “saúde” da planta.

Paralelamente, ênfase foi dada ao desenvolvimento de indicadores de cultura de segurança (IAEA, 2002).

A IAEA (2000) propõe que a seleção de indicadores combine o desempenho recente (indicadores reativos) com aqueles que proveem sinais antecipatórios do declínio da segurança (indicadores proativos).

MENGONI & DEBARBERIS (2008) destacam que é necessário um grupo de indicadores para monitorar todos os aspectos da segurança operacional, já que um indicador individual pode não ter significância se tratado isoladamente.

2.9 INDICADORES PROATIVOS

Como visto anteriormente, conforme REASON (1997), para um evento indesejável acontecer é necessário que uma falha ativa aconteça num ambiente onde falhas latentes já estejam presentes. Já o contrário não é verdadeiro, conforme ilustrado pela Figura 2.7, o alcance do objetivo final por um processo (indicador reativo bom) não garante a ausência de condições latentes adversas (indicador proativo ruim) à espera de uma falha ativa. Por exemplo, o não cumprimento de um item de um procedimento pode não ter impacto algum no desempenho final de um processo ou atividade, assim como um número elevado de modificações temporárias pode não afetar o desempenho da planta, mas estes são exemplos de desvios e indicam uma tendência de declínio dos padrões de segurança que somados a outras condições podem levar a um evento.

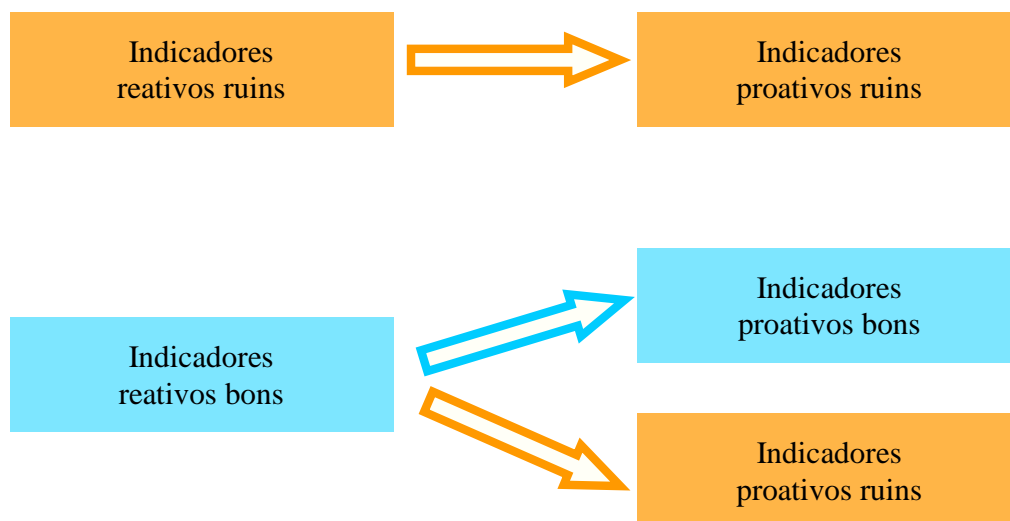


Figura 2.7 - Relação entre indicadores proativos e reativos

O grande desafio é ter um gerenciamento da segurança que possa emitir sinais antecipatórios de que o risco está aumentando. O aumento do risco pode se dar através de quatro fatores:

- aumento do perigo (incremento do agente que provoca dano);
- degradação ou perda das medidas de prevenção que minimizam ou eliminam o perigo;
- degradação das medidas de proteção que minimizam ou impedem o contato com o perigo;
- aumento dos danos ou consequências (aumento das pessoas expostas ao perigo).

O primeiro e o último são prontamente mensuráveis. Já o segundo e terceiro demandam controle mais rigorosos e são de mais fácil medição quando se tratam de dispositivos técnicos (sistemas de segurança, barreiras físicas, etc.). No entanto, as medidas de prevenção e proteção são influenciadas por fatores organizacionais e condições de trabalho adversas. Segundo REASON (1997), essas condições latentes são inevitáveis, portanto, deve-se torná-las visíveis para que ações corretivas possam ser tomadas.

Para que se visualizem essas condições, é necessário saber como estas afetam a segurança de uma instalação. Sabe-se que as condições latentes podem influenciar e ser influenciadas por mais de uma atividade, conforme se pode ver na Figura 2.8, sendo ora causa, ora efeito.

SCHIEHLL & MORISSETE (2000) dizem: “É extremamente difícil atribuir causalidade para ações organizacionais quando existe uma ampla gama de elementos interagindo simultaneamente em um ambiente dinâmico”.

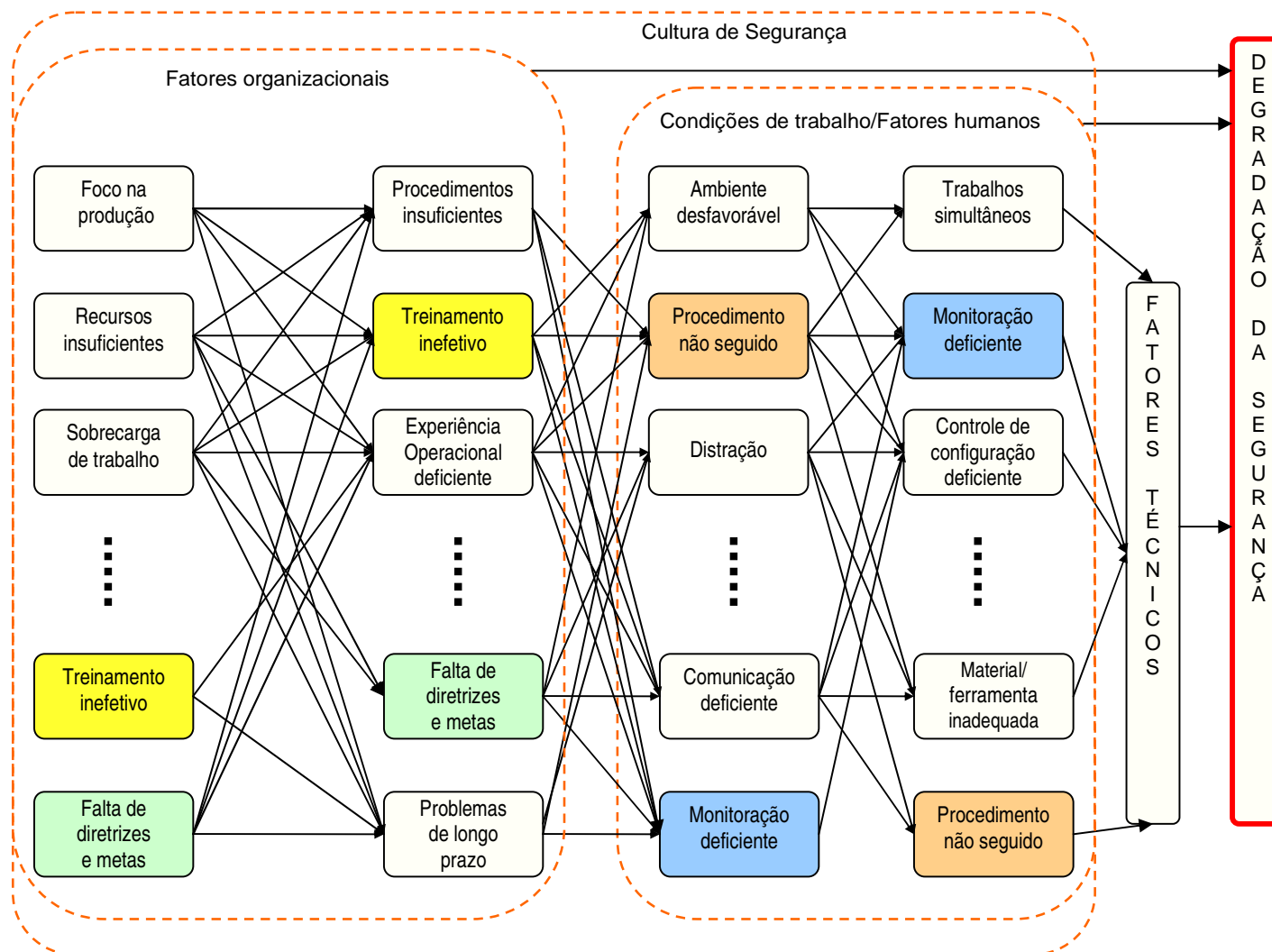


Figura 2.8 – Complexidade entre os fatores que afetam a segurança

Baseado nesta complexidade HOLLNAGEL (2004) descreve o Modelo Sistemático de Acidentes. Este modelo trata o desempenho como um todo ao invés da decomposição através do mecanismo de causa-efeito. Embora possa utilizar uma sequência para descrever a evolução ao longo do tempo, este usa o conceito “Linha de frente e Retaguarda” (*sharp end and blunt end*), ilustrado na Figura 2.9, onde o primeiro refere-se às pessoas que interagem diretamente com o perigo, ou seja, aquelas que trabalham no lugar e no instante em que acidentes ocorrem. Já a retaguarda refere-se a fatores influenciados por pessoas que executaram tarefas em períodos anteriores e em locais diferentes. O conceito dá a noção de que há uma relação complexa entre fatores que podem desencadear ou afetar outros, mas não há uma relação única de causa-efeito, nem necessariamente uma dependência entre os tipos de fatores. Este modelo evita descrever acidentes como uma sequência de eventos individuais ou mesmo uma concatenação de condições latentes.

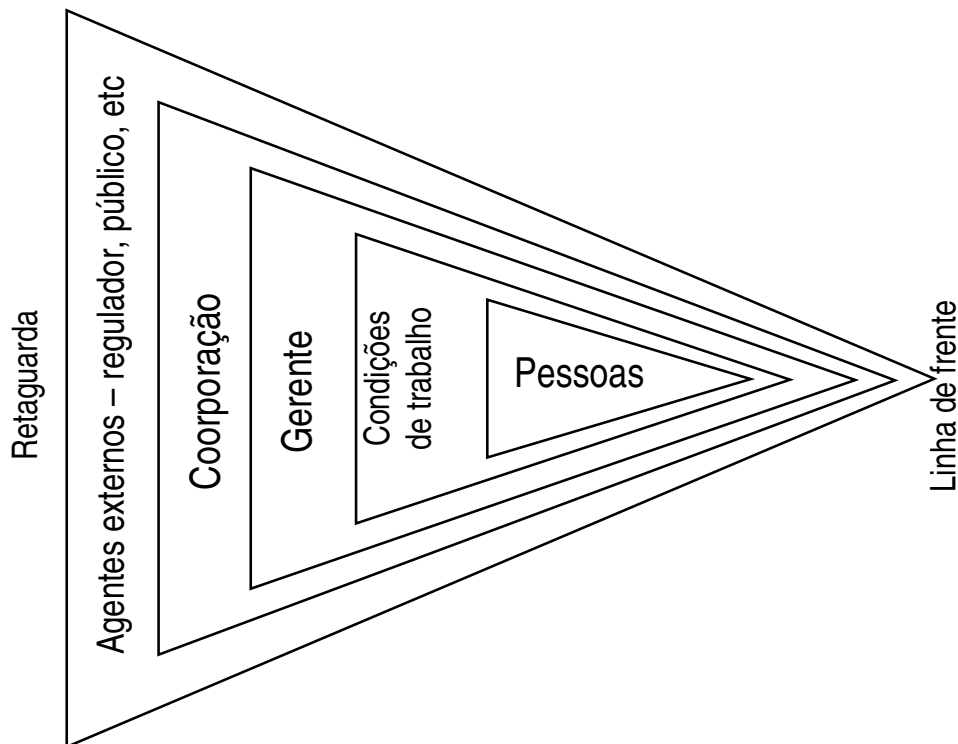


Figura 2.9 – Relação entre a linha de frente e a retaguarda, conforme HOLLNAGEL (2004).

Este modelo advoga a crença de que sempre haverá variabilidade nos sistemas complexos e, portanto, monitorar o desempenho destes sistemas é a melhor opção para detectar variabilidades indesejáveis de forma precoce. Um exemplo prático desta tese de HOLLNAGEL pode ser encontrado no Apêndice 1 do TECDOC-1321 (IAEA, 2002a) que apresenta uma tabela, elaborada a partir de opinião de especialistas, que mostra que vários fatores organizacionais podem causar diferentes problemas ou, de outra forma, um problema pode ter como causa diferentes fatores organizacionais.

2.10 AGRUPAMENTO DE INDICADORES

SAQIB & SIDDIQI (2008) apontam que o número de indicadores usados varia consideravelmente. Algumas usinas têm em torno de 100 indicadores, enquanto outras têm até 300 e há aquelas que têm mais de 1000 indicadores, ainda que muitos não sejam relacionados à segurança.

O agrupamento é uma forma de combinar indicadores, de maneira a permitir uma visão mais global do estado da segurança, sumarizando dados complexos e facilitando a tomada de decisão.

A Figura 2.10 (IAEA, 2000) apresenta uma estrutura hierárquica de indicadores de segurança, através de uma abordagem de cima para baixo, partindo do uso de atributos. Para cada atributo são estabelecidos indicadores globais e para cada um deles cria-se um nível de indicadores estratégicos. Finalmente, os indicadores estratégicos são suportados por indicadores específicos, muitos comumente usados na indústria.

Enquanto os indicadores globais dão uma visão geral dos aspectos relevantes da segurança, os indicadores específicos representam medidas confiáveis das atividades efetivamente em execução.

MENGOLINI & DEBARBERIS (2008) chamam a atenção que o número de indicadores deve ser limitado, pois um número excessivo poderia causar uma perda de interesse dos gerentes.

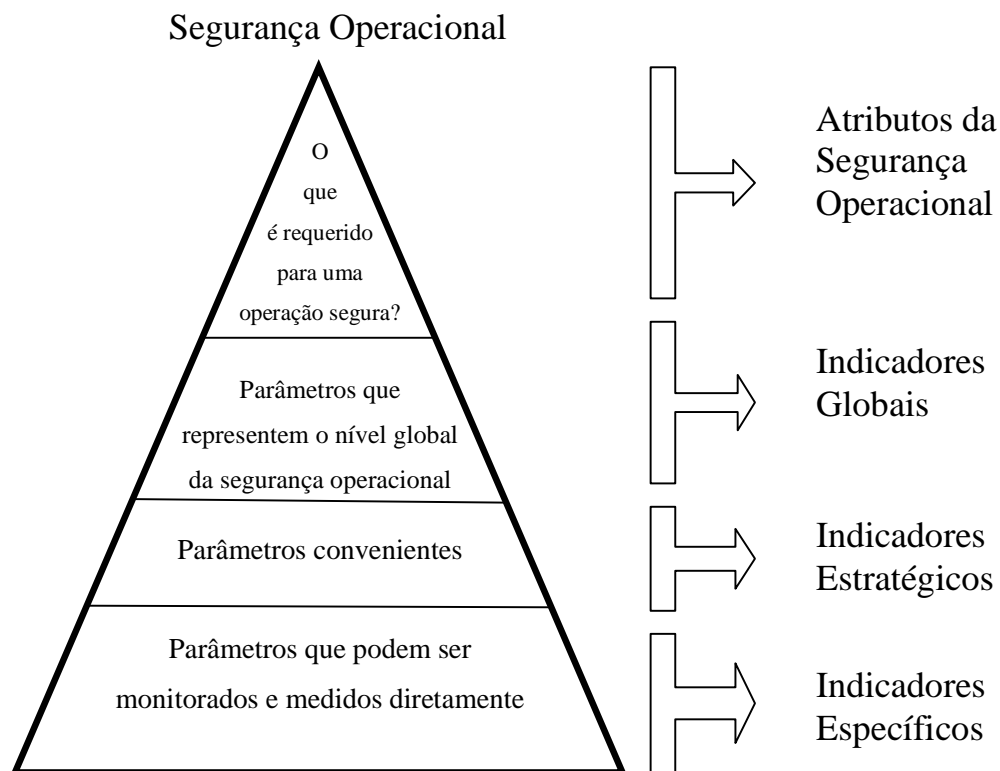


Figura 2.10 – Escalonamento de indicadores, segundo IAEA (2000).

Segundo SAQIB & SIDDIQI (2008), o nível de indicadores no qual os gerentes podem se interessar depende do seu grau hierárquico. Por exemplo, o gerente corporativo pode estar interessado apenas nos atributos ou, no máximo, nos indicadores globais. O gerente da planta pode estar interessado também nos indicadores estratégicos, enquanto aos supervisores interessam os indicadores específicos. Assim, apesar de se ter informações sobre todos os níveis que podem ser usados por qualquer um, o agrupamento permite que os vários níveis gerenciais usem a estrutura sem um detalhamento desnecessário.

ØIEN (2001) fez uma análise de diversos modelos de impacto de fatores organizacionais utilizando indicadores agrupados e apontou cinco elementos como ponto de partida para a análise do impacto dos fatores organizacionais: definição dos fatores

organizacionais, atribuição de valores aos fatores, atribuição de pesos entre os fatores, métodos ou algoritmos de propagação e técnicas de modelagem.

Similarmente, JOLLANDS *et al.* (2003) apontam uma recomendação genérica para agrupamento, baseada nos seguintes passos: seleção de subíndices com seus valores, seleção da função de agrupamento e determinação dos pesos relativos.

Embora haja vantagens no agrupamento de indicadores, o mesmo requer experiência e um perfeito entendimento do modelo adotado, suas aplicações e limitações, para evitar que más interpretações impliquem em tomadas de decisões equivocadas.

Há vários modelos de agrupamento, mas não há um consenso sobre a definição dos elementos a serem agrupados (indicadores globais e seus subníveis). As abordagens utilizadas pelo TECDOC 1141 (IAEA, 2000) e OECD (2003) são baseadas em agrupamentos arbitrários (MENGOLINI & DEBARBERIS, 2008), assim como o *PROCESO index* (MAROÑO *et al.*, 2006), desenvolvido para a avaliação da segurança operacional na indústria química. A Tabela 2.1 mostra os dois primeiros níveis de agrupamento destas abordagens, além do utilizado pelo órgão regulador nuclear americano (USNRC, 2006).

Percebe-se, nos exemplos apresentados, que não há uma homogeneidade entre os mesmos. Os dois primeiros tratam as questões afetas ao gerenciamento da segurança como um elemento específico, associado ao nível estratégico (2º nível) e em paralelo com aspectos técnicos e comportamentais, como se estes fossem dissociados do gerenciamento da segurança.

Já a USNRC explicita que não monitora o gerenciamento da segurança de forma específica, seja através de indicadores ou de qualquer outro tipo de monitoração. As ações de verificação e coerção na área de gerenciamento são tomadas caso e caso e restringem-se a ações reativas.

Tabela 2.1 – Exemplos de níveis de agrupamento de indicadores utilizados.

Origem	1º nível	2º nível	
AIEA	Planta opera sem problemas	Desempenho operacional	áreas comuns (transversais) *
		Condições de estruturas, sistemas e componentes	
		Eventos	
	Planta opera com baixo risco	Desafios aos sistemas de segurança	
		Capacidade de resposta da planta aos desafios	
		Risco associado à configuração da planta	
	Planta opera com uma atitude proativa de segurança	Atitude em relação à segurança	
		Busca por aperfeiçoamento	
	“PROCESO index”	Projeto	
Projeto da instalação			
Operação		Procedimentos	
		Manutenção	
		Treinamento	
Gerenciamento da segurança		Sistema de gerenciamento da segurança	
		Experiência operacional	
		Cultura da segurança	
USNRC		Segurança do reator	Eventos
	Sistemas mitigadores		
	Integridade das barreiras		
	Prontidão para emergência		
	Segurança radiológica	Segurança radiológica do público	
		Segurança radiológica dos trabalhadores	
	Salvaguardas	Proteção Física	

* Áreas comuns a todos os elementos: Desempenho Humano, Ambiente de trabalho com Conscientização de Segurança e Identificação e Solução de Problemas

Os métodos para atribuir valor aos indicadores e definir seus pesos não serão objeto deste trabalho. Embora não seja um documento específico para a indústria nuclear, a OECD elaborou um manual que dá uma visão bastante abrangente desses métodos utilizados. Neste manual (OECD, 2005) são listados vários métodos de normalização de indicadores com diferentes unidades de medida, sendo os principais:

- Ranqueamento – a mais simples das técnicas de normalização. Este método não é afetado por valores discrepantes e permite que o desempenho seja acompanhado durante todo o tempo em termos de posição relativa;
- Padronização – converte indicadores numa escala comum, com o estabelecimento de um valor de referencia zero e um desvio padrão. Assim, indicadores com valores extremos, têm um efeito maior no indicador global. Este método é desejável se a intenção é dar ênfase a comportamentos extremos, positivos ou negativos;
- Reescalamento – normaliza indicadores, de modo que os mesmos tenham um mesmo domínio (0; 1) . Valores extremos ou discrepantes podem, entretanto, distorcer o indicador global. Por outro lado, o reescalamento pode restringir muito o domínio de um indicador, aumentando seu efeito no indicador global mais do que o mesmo afetaria se fosse utilizado o método de padronização;
- Valores de referência - mede a posição relativa de um dado indicador em relação a um valor de referência;
- Categorização de escalas – este método estabelece um “valor” para cada indicador. Categorias podem ser numéricas, tais como: uma, duas ou três estrelas, ou qualitativa, tais como: “atingido”, “parcialmente atingido” ou “não atingido”;
- Distanciamento da média – valores em torno da média recebem o valor “0”, os valores acima ou abaixo de uma determinada meta de distanciamento da média recebem valores “1” e “-1” respectivamente;
- Balanço de opiniões – gerentes de diferentes setores expressam suas opiniões sobre o desempenho da empresa.

A OEDC destaca que a seleção do método adequado não é trivial e requer atenção especial (EBERT AND WELSH, 2004, apud OECD, 2005). O método de normalização deve levar em consideração as propriedades dos dados colhidos, assim como os objetivos dos indicadores globais. Métodos diferentes levam a resultados distintos, assim, testes robustos podem ser necessários para avaliar seus impactos no resultado final.

Segundo ØIEN (2001), a determinação dos valores dos indicadores normalmente é feita por ferramentas qualitativas ou avaliação de especialistas, sendo este último predominante entre os métodos usados para a determinação dos pesos relativos entre indicadores.

ASQIB & SIDDIQI (2005 e 2008), sob a coordenação da AIEA, desenvolveram diretrizes para a determinação de metas, agrupamento e tendências de indicadores aplicáveis às usinas nucleares de Karachi, Paquistão.

SOUTO (2005) utilizou lógica nebulosa para atribuir valores aos indicadores, no desenvolvimento de sistema especialista para a monitoração de usinas nucleares.

CAPÍTULO 3

DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

Nos últimos anos, as organizações têm sofrido influência de novos aspectos como a desregulamentação, concorrência, aceitação do público, etc. Como visto na seção 2.3, a tendência é que o gerenciamento da segurança esteja no contexto de um sistema de gerenciamento integrado e isso é alvo de críticas de muitos, que acham que a segurança não pode concorrer com outras áreas.

Ainda que haja uma quantidade significativa de trabalhos e publicações que tentam associar a segurança à redução de custos, ao aumento de produtividade e a tentar justificar que produção e segurança caminham juntas, este trabalho é contrário a esta vertente e associa-se à linha que acredita que há situações onde segurança e produção concorrem. SVENSON *et al.* (2006), BELLAMY *et al.* (2008) e RASMUSSEN & SVEDUNG (2000), entre outros, apontam conflitos entre produção e segurança. Já MARAIS *et al.* (2004), além de corroborar esta tese, descrevem que às vezes segurança concorre com metas pessoais. Portanto, é necessário tomar os devidos cuidados, para que os outros aspectos levados em consideração num Sistema de Gerenciamento Integrado não tirem o foco da segurança. A forma mais usual é estabelecer, dentro das políticas das organizações, a diretriz de que a segurança seja prioritária sobre todos os outros aspectos ou que o objetivo de um gerenciamento integrado seja considerar todas as ações, de forma que a segurança não seja comprometida (IAEA, 2006,a). Mas como avaliar a implantação de tal diretriz?

Um mecanismo possível é a avaliação da efetividade do gerenciamento integrado, com foco específico na segurança, ou seja, embora uma instalação seja regida por vários aspectos, além da segurança, deve-se verificar, de forma prioritária e específica, o grau de segurança da mesma. Assim, estar-se-ia utilizando uma ferramenta única de gestão, mas garantindo o atendimento à diretriz acima. Portanto, seja a segurança gerenciada de forma específica ou integrada, a efetividade deste seu gerenciamento deve ser verificada de forma isolada e as ações corretivas advindas desta verificação devem ser priorizadas.

Isto responde às duas primeiras questões (Q1 e Q2) decorrentes da formulação do problema apresentadas na seção 1.2.3.

3.1 PREMISSAS DA DISSERTAÇÃO

No atual contexto das organizações envolvidas na área de usinas nucleares, é possível assumir as seguintes premissas nesta dissertação:

Premissa 1 – A organização operadora possui um gerenciamento da segurança formalmente estabelecido.

Conforme visto no capítulo 2, todas as diretrizes e recomendações apontam a necessidade do estabelecimento de um sistema de gerenciamento da segurança, seja de forma específica ou integrada. Além disso, no questionário da NEA (2006, App. 1 & 2) sobre práticas relativas ao gerenciamento da segurança, 8 entre 10 órgãos regulatórios responderam que possuem requisitos e fazem inspeções associadas ao tema. No caso brasileiro, as normas CNEN NN-1.16 (1999) e CNEN NE-1.26 (1997), estabelecem vários requisitos aplicáveis ao gerenciamento de itens e atividades importantes para a segurança.

Cabe lembrar que, o atendimento aos requisitos legais é premissa obrigatória de qualquer sistema de gerenciamento.

Do acima exposto e da conceituação apresentada no Capítulo 2, verifica-se que o gerenciamento da segurança e a consequente avaliação da sua implantação, interessam aos reguladores e aos operadores, principalmente ao seu mais alto nível gerencial, que é o responsável final pela segurança, o que responde à quarta questão (Q4) decorrente da formulação do problema apresentada na seção 1.2.3.

Premissa 2 – O gerenciamento dos processos, incluindo o próprio gerenciamento da segurança, é baseado no ciclo PDCA.

Similarmente à primeira premissa, verificou-se que o ciclo PDCA se aplica ao gerenciamento de processos em geral, sejam eles de segurança, de negócios, de manufatura ou outros, sendo apontado por reguladores, organizações internacionais e entidades privadas como a ferramenta a ser utilizada no gerenciamento da segurança. No que se refere à normativa brasileira, a norma CNEN NN-1.16 (1999), sem fazer uma correlação específica ao uso deste método, preconiza que atividades devem ser planejadas levando em consideração os requisitos aplicáveis, implantadas por pessoas e procedimentos qualificados, controladas e corrigidas em caso de não-conformidade. Além disso, organizações nucleares e outras que lidam com tecnologia perigosa, motivadas por questões de mercado, buscam atender às Normas ISO associadas à gestão, sendo que todas elas têm como base o ciclo PDCA (BARBIERI & CAJAZEIRA, 2004).

3.2 O FLUXO DE ATIVIDADES E AS BARREIRAS DE PREVENÇÃO E DETECÇÃO DE PROBLEMAS

Como discutido na seção 2.2, o gerenciamento da segurança deve identificar os riscos (perigos e suas consequências) e, a partir destes, adotar medidas de prevenção ou proteção apropriadas. Segundo SVENSON *et al.* (2006), para conhecermos os riscos nos baseamos no julgamento de engenharia ou na experiência operacional.

Quando os perigos e suas consequências são bem definidos e as medidas de prevenção ou proteção podem ser padronizadas, as mesmas são transformadas em requisitos de segurança (normas, recomendações ou boas práticas), facilitando a verificação da segurança, seja por operadores ou por reguladores. A questão é que métodos de análise de perigo, assim como as análises de segurança, são fortemente alicerçados nos aspectos técnicos (equipamentos, materiais e parâmetros) com pequena contribuição de fatores humanos, mas não levam em consideração os fatores organizacionais, o que leva a uma carência de requisitos explícitos nessa área.

Normalmente, em organizações que trabalham com tecnologia perigosa, as medidas de prevenção ou proteção estão agrupadas em atividades mais amplas

(Processos, Sistemas ou Programas) que utilizam técnicas (gerenciamento), normalmente padronizadas, para estabelecê-las, implantá-las e controlá-las. Estas atividades, por sua vez, estão sujeitas à estrutura organizacional em curso (sistemas e pessoas).

Alguns autores atribuem a dificuldade de se ter requisitos para fatores organizacionais às especificidades das organizações, o que impossibilita a padronização. Entende-se que isso é parcialmente aceitável, pois ainda que cultura e valor sejam aspectos bastante característicos de cada organização, muitos processos, alguns métodos e conceitos gerenciais, muitas vezes estabelecidos como requisitos, permeiam várias organizações, tais como: aplicação do ciclo PDCA, estabelecimento de políticas, diretrizes e metas, sendo estes diretamente influenciados pelos fatores organizacionais.

Analisando-se os sinais antecipatórios, descritos nos documentos da AIEA (INSAG-13, 1999; IAEA, 2008a e IAEA, 2008b), que apontam o declínio da segurança, observa-se que vários destes estão associados a processos ou métodos padronizados. O ideal seria buscar um grupo de indicadores que pudessem avaliar o estado destes fatores, mas há uma relação complexa entre esses fatores que podem desencadear ou afetar outros e não há uma relação única de causa-efeito, nem necessariamente uma dependência entre estes (HOLLNAGEL, 2004).

Portanto, devem-se colecionar os processos afetados por tais fatores, monitorar seus desempenhos e agrupá-los em elementos que sejam compatíveis com a gestão da segurança e que sejam familiares com as técnicas empregadas pela organização.

3.3 DEFINIÇÃO DO AGRUPAMENTO – INDICADORES GLOBAIS

Normalmente, seja em usinas nucleares ou outras instalações que lidam com tecnologia perigosa, as atividades se desenvolvem conforme a Figura 3.1.

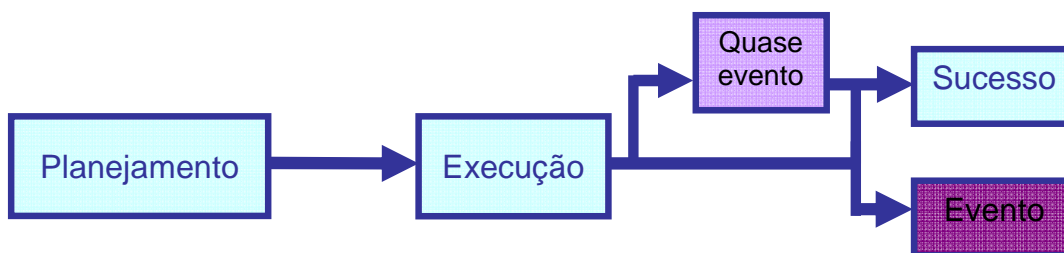


Figura 3.1 - Fluxo de atividade ou tarefa.

O fluxo de atividade representado representa o P (plan) e o D (do) do ciclo PDCA.

Baseadas no conceito de avaliação (o C do PDCA) as atividades são monitoradas através de processos denominados de mecanismos de prevenção e detecção de problemas. Alguns destes processos avaliam a atividade durante a execução e têm um caráter preventivo, pois percebem e corrigem deficiências durante a execução da atividade, impedindo, assim, que falhas se propaguem ou que permaneçam por longo tempo, aumentando a chance de um evento. Estes são denominados processos de controle e tem-se como exemplo, a dupla verificação, a revisão, a supervisão/autorização, o teste pós-manutenção, o controle da qualidade, etc. Outros processos avaliam as atividades após sua execução e têm um caráter reativo, pois as falhas só são percebidas após a conclusão da tarefa. Estes outros são denominados processos de verificação, sendo os mais comuns as auditorias internas e externas, as auto-avaliações, os testes periódicos e outros. Se, ainda assim, esses processos não forem capazes de evitar que um evento indesejável aconteça, um processo de análise de eventos operacionais deve ser implantado, para determinar as causas do evento e tomar medidas para que o mesmo não se repita. Tais atividades estão representadas na Figura 3.2.

Embora a análise de eventos seja uma ferramenta importante para corrigir deficiências, este não deve ser o único mecanismo para esse fim, dado as suas características reativas, pois as medidas corretivas só são estabelecidas após o evento ter ocorrido. Portanto, a correção de problemas, ou mesmo a melhoria de processos (o A do

ciclo PDCA) deve contar com mecanismos proativos que possam detectar deficiências que isoladamente podem ainda não ter causado um evento, mas que, se continuarem residentes no sistema, podem vir a se combinar com outras, desencadeando um evento indesejável.

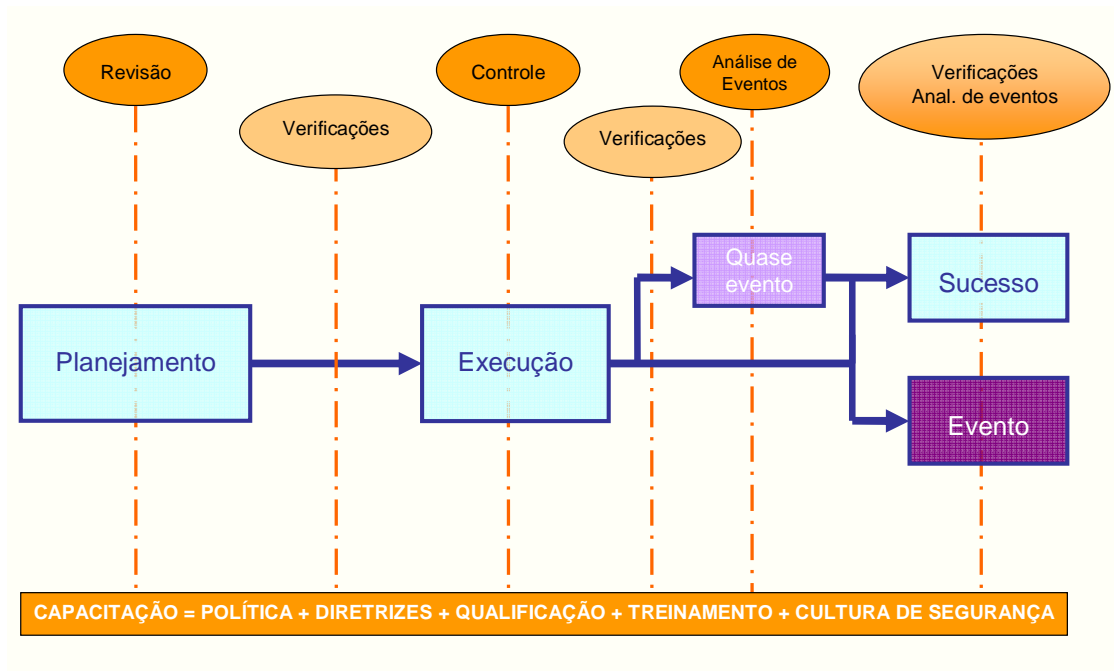


Figura 3.2 – Fluxo de atividade e mecanismos de prevenção e detecção de problemas.

Pode-se dizer que o planejamento, a execução, o controle, a avaliação e a correção são essenciais num gerenciamento da segurança efetivo, porém não são suficientes, já que estes elementos dependem fortemente das pessoas que interagem com os mesmos nos diferentes níveis da organização. Além disso, a própria organização influencia o modo como esses elementos são implantados. Como visto na seção 2.2, a organização deve estabelecer políticas, diretrizes, objetivos e metas de segurança, que necessitam de pessoas preparadas para implantá-las ou alcançá-las.

Para desempenhar suas atividades as pessoas devem ter conhecimento, habilidade e atitude consciente, sendo que estes atributos por permearem todas as áreas, são conhecidos por transversais (*cross-cutting elements*), também representados na Figura 3.2.

Portanto, é mais apropriado que o gerenciamento de segurança tenha sua efetividade avaliada contra o desempenho das etapas do ciclo PDCA, de forma a permitir que o responsável pela segurança de uma instalação possa verificar se há declínio do desempenho de cada uma destas etapas e a efetividade de ações corretivas implantadas.

Assim, conforme ilustrado na Figura 3.3, o primeiro nível do agrupamento, será composto de indicadores globais, que devem refletir o estado de cada etapa do ciclo PDCA, além de um quinto elemento, denominado “Capacitação”, que engloba as áreas transversais que afetam o desempenho das pessoas e conseqüentemente de toda a organização. Assim, inicia-se por este último o detalhamento da proposta de agrupamento.

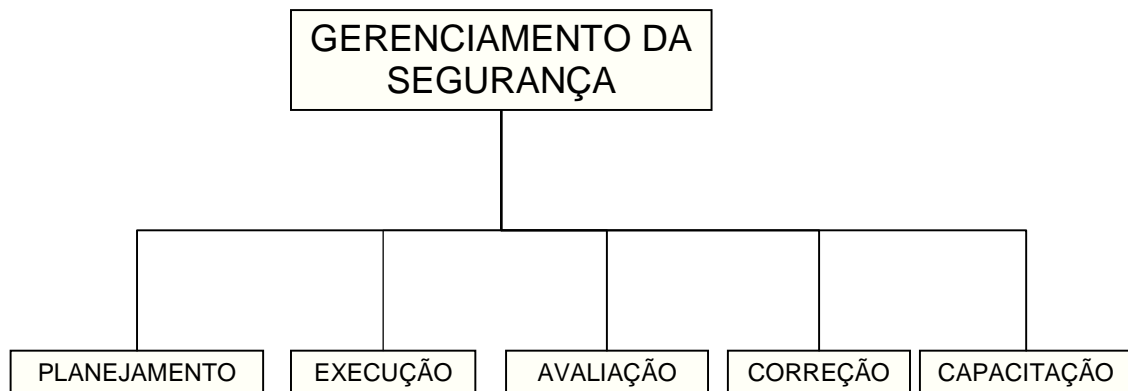


Figura 3.3 – Primeiro nível de agrupamento – Indicadores globais.

3.4 DETERMINAÇÃO DOS SUBNÍVEIS DE INDICADORES – INDICADORES ESTRATÉGICOS

3.4.1 CAPACITAÇÃO

As pessoas numa organização precisam saber o que fazer, como fazer e que resultados alcançar, e para isso a organização precisa estabelecer Políticas, Diretrizes e Metas, o que requer, por parte dos executantes, três elementos, a saber: conhecimento, habilidade e atitude, que devem ser compatíveis com o tipo e complexidade da atividade.

O conhecimento é adquirido através do estudo, observação e informação, sendo que normalmente as organizações procuram pessoas com um determinado nível de conhecimento compatível com as suas necessidades, ou seja, há uma pré-condição de formação (qualificação normalmente adquirida nos bancos escolares) para que uma pessoa seja admitida para uma determinada função, como por exemplo, engenheiro, instrumentista, mecânico, soldador, entre outros. Normalmente, à organização cabe o papel de manter, atualizar e aprimorar o conhecimento de seus empregados.

A habilidade é a aptidão de realizar algo, ou seja, de transformar o conhecimento em ação e provém do treinamento e experiência. Não basta o empregado ter formação, é necessário que ele conheça as características associadas à tarefa, tais como: o local onde a tarefa será executada, as propriedades e as limitações do sistema ou processo no qual ele vai trabalhar, as condições do ambiente onde se vai trabalhar, os controles administrativos associados à tarefa, etc. Essas inúmeras variáveis são dependentes não só do tipo de tarefa, mas também de cada organização onde a mesma é executada.

Para isso é necessário que seja determinada claramente a necessidade de qualificação, habilidade e quantidade de pessoal para execução de todos os processos de uma determinada organização e estabelecido um sistema eficaz de aquisição ou manutenção de conhecimento e habilidades para apoiar o gerenciamento da segurança. Normalmente as empresas têm ou terceirizam um sistema de treinamento de forma a atender essas necessidades. Na área nuclear há diversas diretrizes e normas associadas à qualificação de pessoal. Explicitamente, no Brasil há requisitos de qualificação para os operadores de reator estabelecidos na Norma CNEN NN-1.01 (2007) e supervisores de radioproteção na Norma CNEN NN-3.03 (1999). Genericamente, a Norma CNEN NN-1-16 (1996) tem vários requisitos associados à qualificação e treinamento de pessoal e entre eles destacam-se os requisitos:

- “Devem ser desenvolvidos planos para seleção e treinamento de pessoal para executar atividades que influem na qualidade, refletindo a programação das atividades de modo a haver tempo hábil para designar ou selecionar e treinar o pessoal necessário”;

- “O pessoal responsável pela execução de atividades que influem na qualidade deve ser qualificado com base na escolaridade, experiência e proficiência necessárias para realizar as tarefas específicas que lhe forem atribuídas”;
- “Devem ser estabelecidos programas de treinamento e procedimentos para assegurar que a proficiência do pessoal referido na subseção anterior seja obtida e mantida, com emissão dos respectivos certificados comprobatórios quando assim exigido por norma, especificação ou procedimento”.

Além disso, a Norma CNEN NE-1.26 (1997) em seu item 7.2 preconiza: “A organização operadora deve estabelecer, por escrito, os deveres e responsabilidades de todas as funções do pessoal envolvido na operação da usina, bem como o número de pessoas qualificadas necessárias para o desempenho dessas funções”.

O terceiro elemento daquilo que se está chamando de Capacitação é o relacionado à atitude, pois o desempenho daquele que executa uma tarefa não depende apenas de sua qualificação e treinamento. Como visto no Capítulo 2, dada a complexidade das tarefas e processos utilizados nas indústrias que lidam com tecnologia perigosa, os fatores organizacionais e condições do ambiente de trabalho são determinantes no desempenho do pessoal que planeja, executa ou controla uma atividade. Esse contexto está diretamente associado à questão da Cultura de Segurança, onde a atitude questionadora, a abordagem prudente e rigorosa e a comunicação são atributos indispensáveis para fazer frente às ameaças impostas por condições latentes. Assim como os dois elementos anteriores, a Cultura da Segurança, embora sendo um tema mais subjetivo e controverso, também é tratada em diversas diretrizes e recomendações, principalmente da IAEA. Já no âmbito regulatório, a Cultura de Segurança não encontra tantos requisitos, embora sua importância seja indiscutivelmente reconhecida. A Norma CNEN NE-1-26 descreve em seu item 6.2: “A organização operadora deve estabelecer uma estrutura organizacional com número suficiente de gerentes e pessoal qualificados, técnica e administrativamente, e de tal forma preparados, que tenham a consciência da importância de uma cultura da segurança”.

A diretriz de segurança da IAEA (2002b) dá recomendações para recrutamento, qualificação e treinamento de pessoal de usinas nucleares e leva em consideração os três elementos transversais citados acima.

Um outro elemento transversal está associado ao estabelecimento de Diretrizes (incluindo uma Política de Segurança) e Metas, condição *sine qua non* para o gerenciamento da segurança e que afeta todas as etapas do ciclo PDCA, conforme ilustrado pela Figura 3.4.



Figura 3.4 – O Ciclo PCDA e suas áreas transversais.

Diferentemente da visão apresentada neste trabalho, alguns autores subdividem o ciclo PDCA, colocando as políticas e diretrizes como uma parte da etapa de planejamento (Do), o treinamento como uma subdivisão da etapa de execução e as metas como uma subdivisão da etapa de avaliação, no entanto, conforme já descrito, entende-se que estas áreas afetam todas as etapas do ciclo PDCA e, portanto, não devem estar associadas a uma única etapa.

Por questões práticas optou-se por agrupar o elemento “Diretrizes e Metas” dentro do elemento “Cultura da Segurança” de modo a não criar um número excessivo de subdivisões dos indicadores globais, denominadas indicadores estratégicos. Essa fusão deve-se ao fato de vislumbrar-se apenas um indicador específico para o elemento estratégico “Diretrizes e Metas” que verifique se as mesmas estão sendo atualizadas conforme previsto.

Portanto, para representar os elementos conhecimento, habilidade e atitude, sugerem-se, respectivamente, os indicadores estratégicos “Qualificação”, “Treinamento” e “Cultura da Segurança”, conforme representado na Figura 3.5.

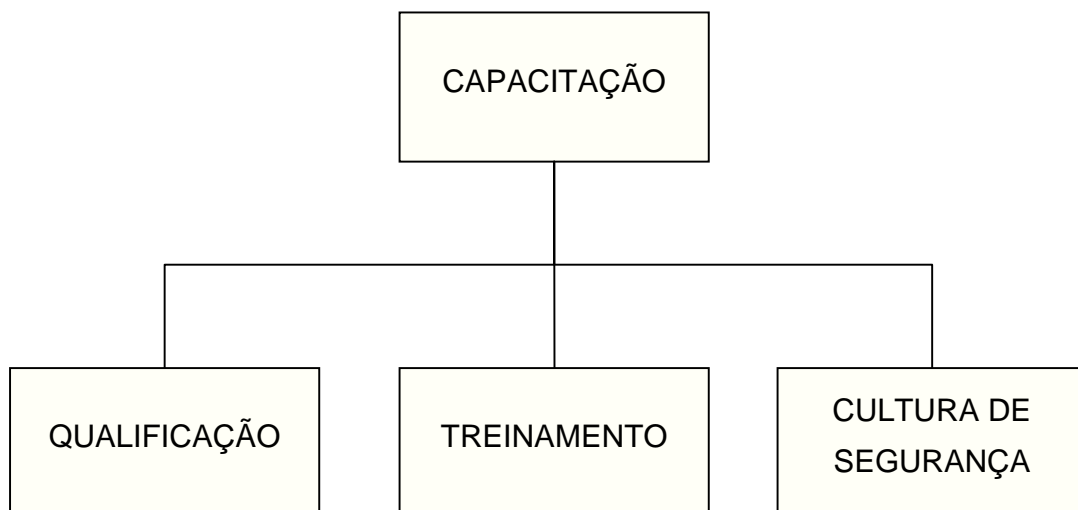


Figura 3. 5 – Indicador global “CAPACITAÇÃO” e seus indicadores estratégicos.

3.4.2 PLANEJAMENTO

O planejamento das atividades é o primeiro elo entre a Política de Segurança e o controle efetivo do risco. Nesta etapa tem-se objetivo de prever os recursos (materiais, pessoais e financeiros), os perigos, os métodos, os controles e as precauções necessários para atingir as metas.

O primeiro passo do planejamento é listar todos os requisitos associados à tarefa, sendo os de segurança prioritários em relação aos demais. Os requisitos regulatórios, de normas e códigos adotados são considerados como mínimos e são a base técnica de um gerenciamento da segurança, porém há vários outros advindos de projetistas, fabricantes ou da experiência operacional que devem ser levados em consideração. Por isso, elegeu-se a definição dos requisitos de segurança como um indicador estratégico representativo. No Brasil esses requisitos regulatórios são representados pelas normas da CNEN, sendo que a Norma CNEN NN-1.16 (1999) estabelece a necessidade da identificação dos requisitos associados às atividades: "No desenvolvimento dos SGQ, devem ser levados em consideração os aspectos técnicos das atividades a serem realizadas, de forma a se assegurar a identificação e o cumprimento dos regulamentos da CNEN e das normas, códigos, padrões, especificações e boas práticas de engenharia, a serem utilizados".

Sabe-se que os requisitos de segurança não cobrem todas as situações e interfaces, portanto, outro componente do planejamento diretamente afeto à segurança é a análise dos perigos existentes ou criados ao longo do processo e a determinação das medidas de prevenção ou proteção adequadas, de maneira a manter o risco dentro dos limites aceitáveis. Optou-se pela expressão "Análise do trabalho" para definir o indicador estratégico que represente os processos associados às medidas da avaliação do impacto da tarefa na segurança.

Por último, e não menos importante, tem-se que o planejamento não seria efetivo se identificasse os requisitos e avaliasse o impacto da atividade na segurança, mas não os transmitisse aos executores. Numa organização estruturada a comunicação entre o planejamento e os executores se dá através de procedimentos, instruções ou outra forma

de orientação escrita sobre como executar a atividade, quais as limitações e precauções, qual o resultado esperado e os registros necessários. Os sistemas de gerenciamento possuem uma quantidade enorme de mecanismos e requisitos para elaboração, revisão, atualização, e distribuição da documentação. Na legislação nuclear brasileira, as normas CNEN NN-1.16 (1999) e CNEN NE-1.26 (1997) estabelecem um grupo de requisitos dedicados a Instruções, Procedimentos e Controle da Documentação. Portanto, o último indicador estratégico associado ao indicador global “Planejamento” será denominado “Procedimentos” e definirá o quanto as atividades estão sistematizadas e o estado do controle sobre esta sistematização.

Assim, através da Figura 3.6, representam-se os indicadores estratégicos associados ao “Planejamento”.

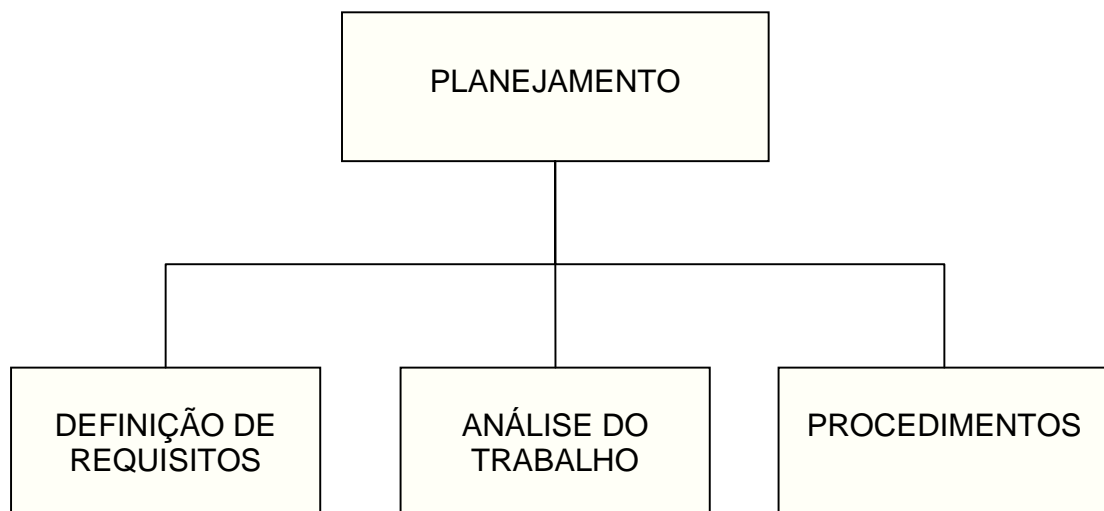


Figura 3.6 - Indicador global “PLANEJAMENTO” e seus indicadores estratégicos.

3.4.3 EXECUÇÃO

Sabe-se que, se o planejamento foi bem feito, os requisitos e precauções de segurança estão incorporados nos procedimentos de execução, entretanto esta fase é a mais susceptível a erros ou violações, sejam estes causados por lapsos ou condições de trabalho adversas, o que reforça a importância da cultura de segurança. Conforme já

descrito, a execução é orientada pelo planejamento “do que fazer” e “como fazer”, portanto, não executar o que foi planejado ou não executar conforme planejado são as formas de violar os requisitos de execução. Assim, em termos de indicadores estratégicos, entende-se que a adesão ao programa de trabalho e a aderência aos procedimentos são os mais representativos do estado do indicador global “Execução”, representado na Figura 3.7, já que as questões relativas à cultura de segurança têm seus indicadores específicos.

O indicador estratégico “Programas de trabalho” refere-se à aderência às atividades programadas seja para a melhoria ou manutenção das condições de segurança da instalação, seja para a correção de problemas.

O segundo indicador estratégico, denominado de “Conformidade”, deve refletir o grau de atendimento aos procedimentos associados às atividades. Considerando que os requisitos de segurança devem estar incorporados nos procedimentos e instruções, as imposições regulatórias associadas a este indicador são óbvias. Observa-se a importância do estabelecimento e adequação de registros, pois a conformidade nem sempre é verificada durante a execução da atividade.

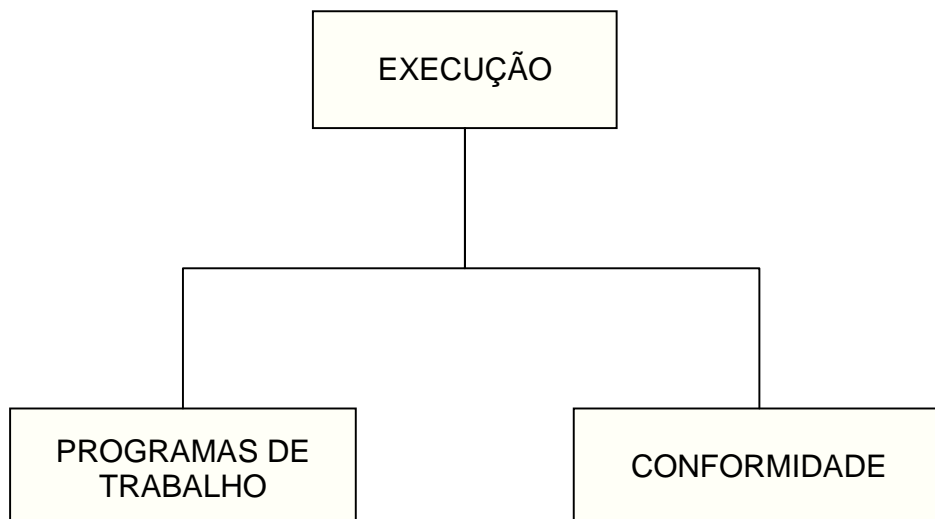


Figura 3.7 - Indicador global EXECUÇÃO e seus indicadores estratégicos.

3.4.4 AVALIAÇÃO

O planejamento estabelece medidas não só para os executores, mas também para aqueles que têm a função de monitorar a correta execução de uma atividade ou processo. Conforme descrito na seção 3.3 e ilustrado na Figura 3.2, as atividades podem ser monitoradas durante ou após a execução das mesmas, normalmente denominadas de medidas de controle e verificação.

As medidas de controle exercidas durante ou logo após uma etapa de trabalho têm um caráter preventivo, pois permitem que correções sejam feitas antes do início de uma nova etapa ou antes da conclusão da tarefa. O controle pode ser exercido de maneira contínua através da observação de toda a etapa de trabalho ou de forma intermitente, através de amostragem. Para algumas atividades o planejamento prevê um ponto de controle muito específico, chamado de ponto de espera, a partir do qual a atividade não pode prosseguir sem que haja uma avaliação positiva por parte do indivíduo ou organização responsável pelo controle estabelecido. O controle pode ser feito através de técnicas de medição do desempenho do item ou componente, objeto da tarefa ou indiretamente, através da verificação de processos, equipamentos e pessoal associados à tarefa. Em termos regulatórios, os requisitos associados a estas atividades estão em diversas normas da CNEN, mais especificamente no item 4.9.1 da norma CNEN NN-1.16 (1999).

As medidas de verificação são realizadas após a conclusão da atividade, quando executores e controladores já terminaram seus trabalhos, por isso se diz que a mesma tem um caráter reativo, não no sentido de serem planejadas só em função do mau desempenho de uma atividade, mas no sentido de que a mesma só detecta deficiências com o item ou equipamento processado já em serviço. Embora uma verificação possa detectar falhas ativas, como no caso de testes periódicos em equipamentos que só entram em operação sob demanda, normalmente as mesmas detectam falhas latentes, pois falhas ativas, via de regra, aparecem logo e são tratadas pela área de análise de eventos. Já se viu o impacto das condições latentes para a segurança, portanto, a verificação é uma das ferramentas essenciais no gerenciamento proativo da segurança. Assim como os controles, as medidas

de verificação são reguladas por diversas normas da CNEN, mais especificamente pelos itens 4.9.2 da norma CNEN NN-1.16 (1999) e 9.1 a 9.5 da norma CNEN NE-1.26 (1997).

Do acima exposto, entende-se que para o indicador global “Avaliação”, ilustrado na Figura 3.8, deve-se ter um indicador estratégico que reflita a aderência às medidas de controle planejadas, denominado “Controle” e outro que indique a adesão aos programas de verificação estabelecidos pela organização, denominado “Verificação”.

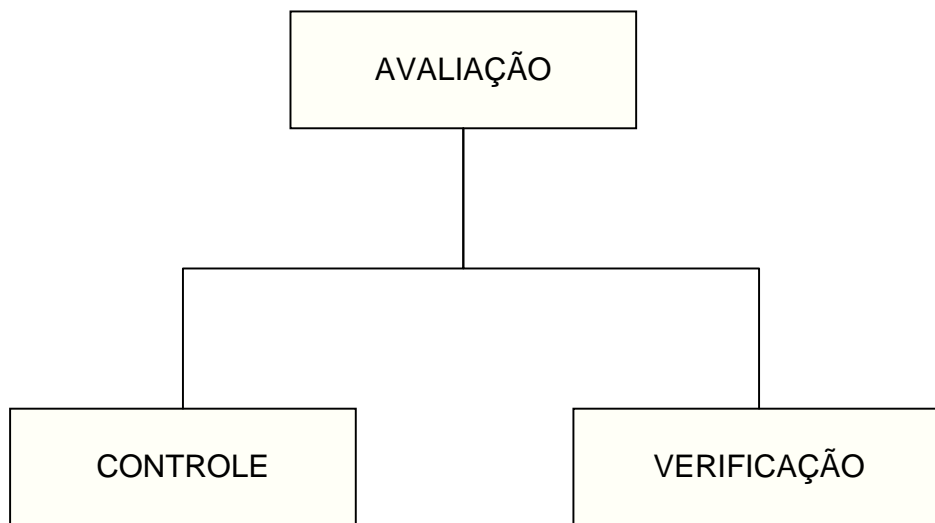


Figura 3.8 - Indicador global AVALIAÇÃO e seus indicadores estratégicos.

3.4.5 CORREÇÃO

Como visto na seção 2.3.2.2, este elemento é apontado pela NEA (2006) como um dos mais problemáticos, pois de pouca utilidade seria planejar, executar e avaliar se não fossem tomadas medidas para corrigir as deficiências ou mesmo melhorar os processos. Entende-se que parte do problema reside na falta de priorização associada à relevância para a segurança, privilegiando-se correções associadas à produção. Outro fator é a mentalidade do “falha-repara”, ou seja a organização reage apenas quando ocorrem falhas ativas, já que as condições latentes são mais subjetivas e podem

permanecer por um longo período sem causar concretamente um efeito indesejável. O elemento “Correção” é o mais associado ao nível gerencial da empresa, pois enquanto as atividades são planejadas, executadas e avaliadas por pessoas diretamente relacionadas às atividades, a correção, assim como, as diretrizes e metas, dependem diretamente da participação dos níveis gerenciais mais altos.

A correção ou melhoria depende da determinação e do correto entendimento das causas de uma deficiência. Ainda que se possa argumentar que a determinação das causas é um processo associado ao indicador global “Avaliação”, entende-se que, pelo seu caráter multidisciplinar e sua dependência direta de níveis hierárquicos superiores, a mesma deva estar associada a esta última etapa. Portanto, deve-se monitorar se as causas estão sendo avaliadas a tempo e se sua avaliação é eficaz.

Outro fator que afeta a correção são os mecanismos para a efetiva implantação das ações corretivas, pois às vezes se sabe como corrigir, mas se tem dificuldades em implantar a solução. Como já descrito, isso pode ser causado por falta de recursos, prioridade ou comprometimento, entre outros. Aspectos gerenciais como complacência, foco na produção, autoconfiança excessiva, isolamento, sobrecarga de trabalho e outros que afetam o desempenho da segurança de uma organização, não podem ser medidos diretamente, mas a convivência com ações corretivas não determinadas ou não implantadas por longos períodos é um indicador proativo que pode estar associado a um ou mais destes aspectos.

No Brasil, os aspectos associados às ações de correção são regulados genericamente pela norma CNEN NN-1.16 (1999), em seus itens 4.1.5 e 4.11 e mais especificamente pela norma CNEN NN-1.14 (2002), em seus itens 5 e 6.

Assim, para o indicador global “Correção”, representado pela Figura 3.9, estabeleceu-se um indicador estratégico que mostre o estado dos mecanismos de determinação das ações corretivas, denominado “Identificação” e outro que represente a capacidade da organização em implantar tais ações. Este segundo indicador foi denominado “Implantação”.

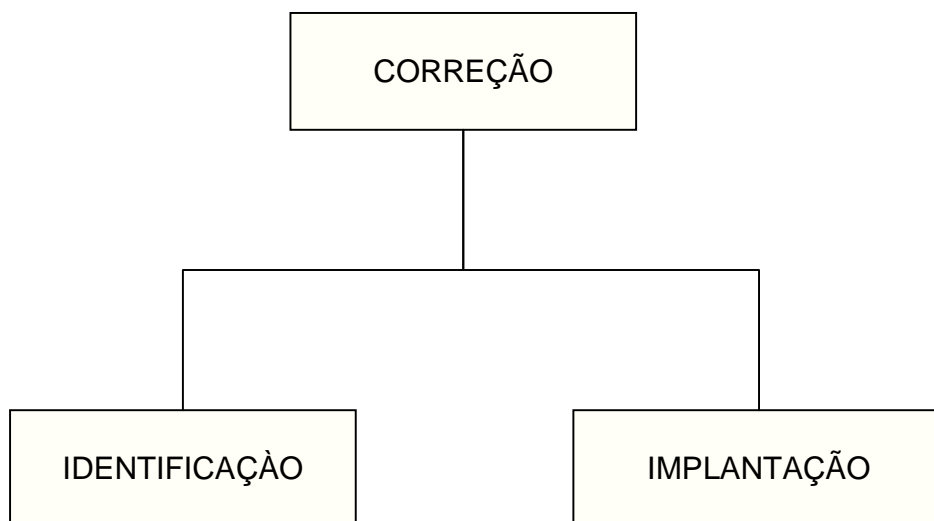


Figura 3.9 - Indicador global CORREÇÃO e seus indicadores estratégicos.

3.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE A DETERMINAÇÃO DOS INDICADORES ESPECÍFICOS

Este trabalho não se propõe a identificar os indicadores específicos que dão uma visão do estado de cada indicador estratégico, pois estes são dependentes de cada instalação, mas estabelece, a seguir, as principais considerações julgadas importantes para o desenvolvimento dos mesmos.

Dependendo do tamanho e tipo de organização é possível que mais um nível intermediário de indicadores pudesse ser atribuído de forma a facilitar a avaliação do gerenciamento da segurança. Entende-se, entretanto, que o agrupamento nos três níveis propostos (indicadores globais, estratégicos e específicos) é suficiente e adequado.

3.5.1 Características e adequação dos indicadores

Entre as características que um indicador deve ter, segundo o TECDOC 1141 (IAEA, 2000a) destacam-se as seguintes:

- a disponibilidade dos dados ou a capacidade dos mesmos serem gerados;
- representatividade;
- compreensibilidade;
- susceptibilidade a validação e verificação.

Portanto, é de suma importância saber-se o que se quer representar e buscar-se um ou mais indicadores que representem esta intenção. A disponibilidade e confiabilidade dos dados são fatores determinantes, pois não se deve eleger um indicador que não se pode mensurar, sendo essas algumas das causas da impossibilidade de se atribuir indicadores independentes da instalação.

A determinação de indicadores representativos, via de regra, utiliza-se de especialistas que conheçam os processos e a organização, já o estabelecimento de suas métricas e metas utilizam-se tanto de experiência de especialista, quanto de outros processos, como já destacado na seção 2.9. É importante fazer um julgamento ao final da escolha para verificar se não há duplicidade de indicadores, o que levaria à interpretação errônea sobre o estado de um indicador estratégico. Por exemplo, se contar a indisponibilidade de equipamentos de segurança, não se deve contar as entradas nas condições limites de operação (CLO) referentes à perda destes mesmos equipamentos ou, ainda, o número de eventos associados a estes. Por outro lado deve-se verificar se não há falta de indicadores, ou seja, se todas as características de um indicador estratégico estão representadas por pelo menos um indicador específico.

Os indicadores específicos devem ser buscados em todos os processos que estão relacionados com os indicadores estratégicos, sendo que estes processos são normalmente padronizados. Cabe destacar aqui os itens da Norma CNEN NE-1.26 (1996), que dão

uma noção das áreas a serem cobertas, e seus processos, para a operação segura de uma usina nucleoeletrica:

- Especificações Técnicas;
- Comissionamento da Usina;
- Estrutura da Organização Operadora;
- Gerenciamento e Pessoal Envolvido na Operação da Usina;
- Instruções e Procedimentos de Operação;
- Manutenção, Testes, Exames, Ensaios e Inspeções Periódicas;
- Gerenciamento do Núcleo do Reator e Manuseio dos Elementos Combustíveis;
- Modificações de Projeto;
- Radioproteção;
- Gerenciamento de Efluentes e Rejeitos Radioativos;
- Preparação para Emergências;
- Garantia da Qualidade;
- Proteção Física;
- Proteção contra Incêndio;
- Registros e Relatórios;
- Gerenciamento do Risco;
- Reavaliação Periódica de Segurança.

A diretriz de segurança NS-G-2.4 (IAEA, 2001) também é uma boa fonte sobre os processos utilizados na operação de usinas nucleares.

Outra consideração importante é que não devem ser eleitos indicadores que incentivem o mascaramento ou omissão de dados, como por exemplo, o uso do “número de eventos reportáveis” como um indicador de segurança, pois não há interesse de

reguladores ou do alto nível gerencial dos operadores, que os relatos de eventos diminuam baseados em interpretações convenientes, motivadas pelo intuito de melhorar o indicador.

É importante lembrar que, para cada indicador estratégico, devem ser verificados os requisitos obrigatórios aplicáveis, embora nem todos necessariamente devam estar incorporados pelos indicadores. Além disso, recomendações e boas práticas também devem ser avaliadas.

3.5.2 Exemplos de indicadores específicos

Nesta seção são apresentados alguns exemplos de indicadores associados a cada indicador estratégico da proposta. São apenas exemplos indicativos, sendo que em vários casos citam-se indicadores similares ou sobrepostos, portanto não se deve fazer uso dos mesmos sem um método adequado que leve em consideração as questões anteriormente apresentadas.

Antes, porém, é necessário esclarecer que para cada indicador estratégico os dois primeiros exemplos referem-se a “eventos cuja causa foi” e “% de deficiências relativas a”. Como descrito, estes exemplos estão associados a coleccionar causas de eventos e não-conformidade ou desvios associados aos indicadores escolhidos, entretanto, para que estes indicadores sejam efetivos, faz-se necessário que a organização tenha classificações de causas de eventos e de deficiências que possam ser vinculadas aos indicadores escolhidos. Registre-se que estes indicadores expressam a porcentagem de eventos associados ao indicador e não o número destes.

É importante destacar que, nem todas as instalações classificam suas deficiências em relação ao seu impacto na segurança, portanto, para se adotar os indicadores acima descritos, é necessário verificar se as deficiências são relacionadas à segurança ou não.

Pode-se notar que alguns exemplos indicam o quão afastado da meta está o indicador, outros dão a noção de quão o indicador está perto da meta (a aderência ao planejado), fato que deve ser considerado para parametrizá-los.

Indicadores como dose recebida, efluentes liberados, integridade das barreiras e do combustível, disponibilidade de equipamentos de segurança e outros, tão importantes e largamente utilizados na indústria nuclear, podem ter como causa deficiência em qualquer um dos elementos do ciclo PDCA ou na Capacitação. Portanto, tão importante quanto medi-los, é a determinação das causas que determinaram um desvio indesejado dos mesmos. Assim, uma degradação de tais indicadores deve ser associada a um ou mais indicadores estratégicos propostos, para uma efetiva avaliação do gerenciamento da segurança.

3.5.2.1 – Exemplos de indicadores específicos para QUALIFICAÇÃO

- % de eventos cuja causa foi qualificação de pessoal;
- % de eventos cuja causa foi qualificação de pessoal de fornecedores;
- % de deficiências relativas à qualificação de pessoal;
- % de deficiências de qualificação de pessoal de fornecedores;
- Quantidade de pessoal em relação ao previsto;
- Formação do pessoal em relação ao previsto;
- Tempo de experiência dos empregados.

3.5.2.2 – Exemplos de indicadores específicos para TREINAMENTO

- % de eventos cuja causa foi treinamento;
- % de deficiências relativas a treinamento;
- % de aderência ao programa de treinamento (planejados x executados);
- % de material de treinamento atualizado;
- % do pessoal treinado em modificações de projeto, mudanças operacionais e organizacionais;
- % de comparecimento ao treinamento;

- % de aproveitamento.

3.5.2.3 – Exemplos de indicadores específicos para CULTURA DA SEGURANÇA

- % de eventos cuja causa foi cultura de segurança;
- % de deficiências relativas à cultura de segurança;
- % de eventos cuja causa foi falta ou falha de comunicação;
- % de deficiências relativas à comunicação;
- Atualização das políticas, diretrizes e metas;
- Aderência ao programa de cultura de segurança;
- Aderência ao planejamento de reuniões de segurança.

3.5.2.4 – Exemplos de indicadores específicos para DEFINIÇÃO DE REQUISITOS

- % de eventos cuja causa foi falta de estabelecimento de requisitos ou requisitos inapropriados;
- % de deficiências relativas à falta de requisitos normativos e da qualidade;
- % de normas disponíveis atualizadas;
- % de normas revisadas que foram verificadas quanto a sua aplicabilidade.

3.5.2.5 – Exemplos de indicadores específicos para ANÁLISE DO TRABALHO

- % de eventos cuja causa foi análise do trabalho deficiente (projeto/planejamento deficiente, inadequação da licença de trabalho, análise de segurança da tarefa deficiente, teste pós-manutenção inadequado, material inadequado, interferências, etc.);

- % de deficiências relativas à análise do trabalho;
- % de deficiências relativas à qualificação de fornecedores;
- % de tarefas realizadas sem análise do trabalho;
- Aderência ao programa ALARA.

3.5.2.6 – Exemplos de indicadores específicos para PROCEDIMENTOS

- % de eventos cuja causa foi falta ou falha de procedimento;
- % de deficiências relativas a procedimentos e controle de documentos;
- % procedimentos atualizados;
- % de modificações oriundas da frente de trabalho.

3.5.2.7 – Exemplos de indicadores específicos para PROGRAMAS DE TRABALHO

- % de eventos cuja causa foi falta de aderência a programas de trabalho;
- % de deficiências relativas a programas de trabalho;
- Aderência ao programa de manutenção preventiva (executado x planejado);
- Aderência ao programa de conservação preventiva;
- Aderência ao programa de exercícios de emergência.

3.5.2.8 – Exemplos de indicadores específicos para CONFORMIDADE

- % de eventos cuja causa foi falta de aderência a procedimento, erro de alinhamento, ferramenta inadequada, deficiências de conservação preventiva, identificação de componentes, etc.;

- % de deficiências relativas a requisitos normativos e da qualidade, procedimentos e materiais;
- Atuações do plano de emergência (causa interna).
- % de testes com sucesso;
- % de retrabalho;
- Simulações;
- Controles em manual.

3.5.2.9 – Exemplos de indicadores específicos para CONTROLE

- % de eventos cuja causa foi deficiência no controle do trabalho (controle de configuração, supervisão, controle da qualidade, etc.);
- % de deficiências relativas ao controle do trabalho;
- % de inspeções de CQ nas atividades relacionadas à segurança;
- Aderência ao programa de manutenção preditiva.

3.5.2.10 – Exemplos de indicadores específicos para VERIFICAÇÃO

- % de eventos cuja causa foi verificação deficiente (testes periódicos, auditorias, controle de itens não conformes, avaliação pela gerência, etc.);
- % de deficiências relativas à verificação;
- Aderência ao programa de testes periódicos e inspeção em serviço;
- Aderência ao programa de inspeções;
- Aderência ao programa de inspeções pela gerência;
- Aderência ao programa de auditorias;
- Aderência ao programa de auto-avaliação;

- Aderência ao programa de avaliações externas;
- Aderência ao programa de avaliação da gestão da segurança.

3.5.2.11 – Exemplos de indicadores específicos para IDENTIFICAÇÃO

- % eventos reincidentes;
- % de deficiências relativas à identificação de ações corretivas;
- % de eventos pendentes de análise;
- Modificações temporárias instaladas por longo tempo;
- Questões de segurança sem resposta por organizações externas.

3.5.2.12 – Exemplos de indicadores específicos para IMPLANTAÇÃO

- % de deficiências relativas à implantação deficiente de ações corretivas;
- Ações corretivas não implantadas no prazo estipulado;
- Operações manuais e verificações adicionais por longo período;
- Manutenções corretivas não realizadas;
- Pedidos de isenção às especificações técnicas.

3.6 ATRIBUIÇÃO DE PESOS RELATIVOS ENTRE INDICADORES

Sabe-se que as atividades não impactam a segurança de maneiras iguais, por isso num agrupamento deve-se atribuir pesos relativos entre os indicadores para que as suas diferentes contribuições sejam levadas em consideração. Obviamente a atribuição dos pesos só pode ser feita após a seleção dos indicadores que comporão o agrupamento e estes também dependem de cada instalação, pois uma mesma atividade exercida em duas

instalações pode impactar a segurança de modo diferente. Na seção 2.10 são descritos os principais métodos de parametrização e determinação dos pesos relativos entre estes.

3.7 RESUMO DOS RESULTADOS

O presente trabalho, ilustrado na Figura 4.1, elegeu as etapas do Ciclo PDCA, que é o processo de gerenciamento utilizado por todas as instalações que lidam com tecnologia perigosa e em particular pela indústria nuclear, como indicadores globais do gerenciamento da segurança. Adicionou-se às etapas clássicas deste ciclo (planejamento, execução, verificação e correção) um quinto indicador batizado de “Capacitação”, que reflete elementos transversais que permeiam todas as atividades de uma organização e são fundamentais para o efetivo alcance da segurança.

Optou-se por dividir a avaliação da efetividade o gerenciamento da segurança em três níveis compostos de Indicadores Globais (descritos acima), Indicadores Estratégicos e Indicadores Específicos.

Seguem abaixo as definições dos indicadores estratégicos propostos:

DEFINIÇÃO DE REQUISITOS – a capacidade da organização em identificar os requisitos de segurança e incorporá-los nos seus processos.

ANÁLISE DO TRABALHO – a capacidade da organização em avaliar os riscos associados às atividades e estabelecer as medidas de prevenção e proteção adequadas.

PROCEDIMENTOS – a capacidade da organização de elaborar, revisar, atualizar e controlar a documentação associada à segurança.

PROGRAMAS DE TRABALHO – a capacidade da organização de executar o planejamento das tarefas relacionadas à segurança.

CONFORMIDADE - a capacidade da organização de executar corretamente as tarefas relacionadas à segurança.

CONTROLE - a capacidade da organização de avaliar o cumprimento dos requisitos de segurança, durante a execução de uma atividade.

VERIFICAÇÃO - a capacidade da organização de avaliar o cumprimento dos requisitos de segurança, após a execução de uma atividade.

IDENTIFICAÇÃO - a capacidade da organização de determinar ações corretivas relacionadas à segurança.

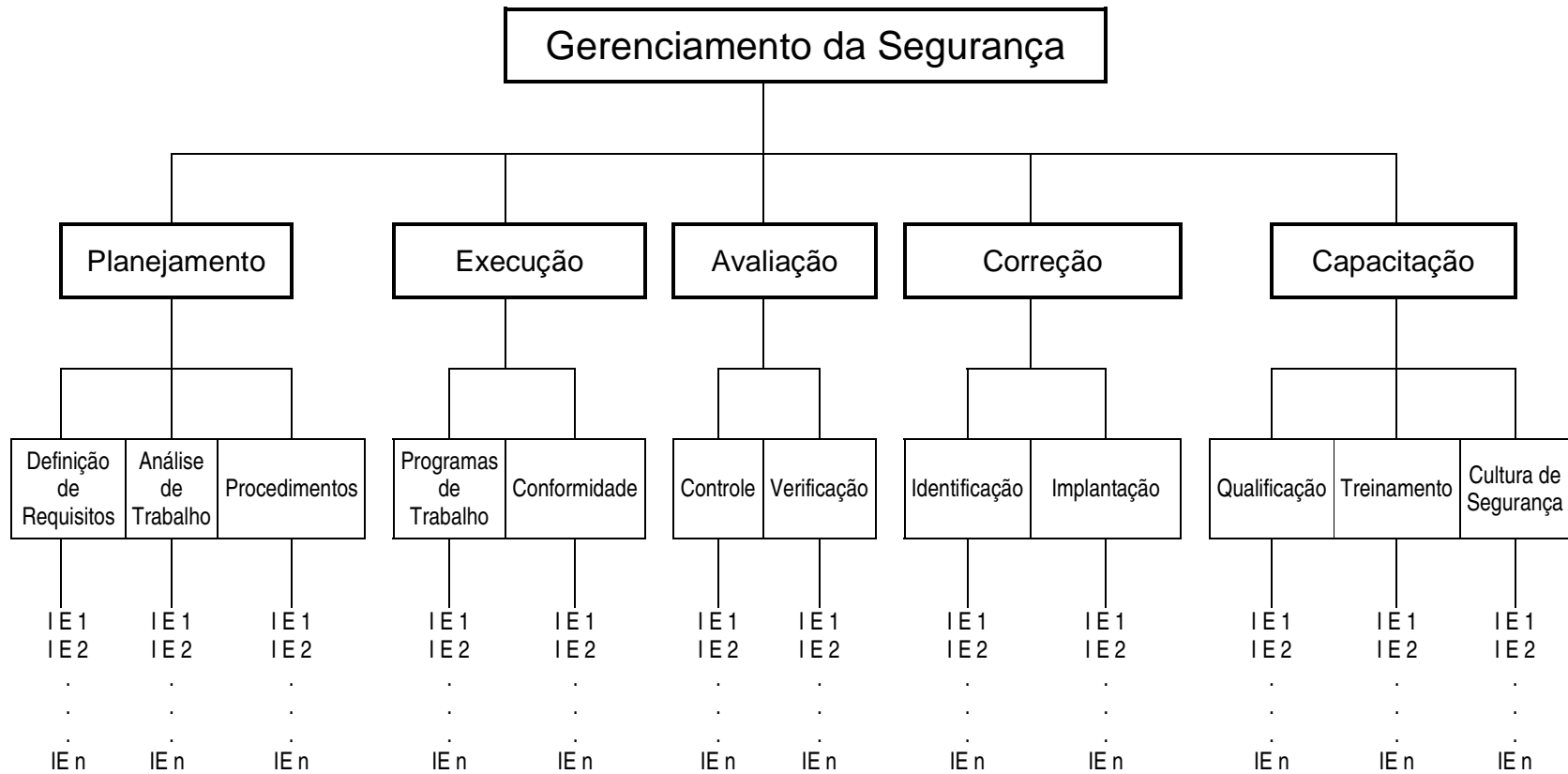
IMPLANTAÇÃO - a capacidade da organização de implantar ações corretivas relacionadas à segurança.

QUALIFICAÇÃO - a capacidade da organização de ter empregados com conhecimento necessário e em número adequado para desempenhar as tarefas relacionadas à segurança.

TREINAMENTO - a capacidade da organização de ter empregados com habilidade para desempenhar as tarefas relacionadas à segurança.

CULTURA DA SEGURANÇA - a capacidade da organização em estabelecer Diretrizes e Metas e ter empregados com atitudes de segurança.

A proposta não desenvolveu os indicadores específicos, pois os mesmos dependem de cada instalação, porém, no Capítulo 3, foram apresentados exemplos, não exaustivos, de indicadores específicos que poderiam compor os indicadores estratégicos.



IE – Indicadores Específicos

Figura 3.10 – Proposta de agrupamento de indicadores para avaliação da efetividade do gerenciamento da segurança em usinas nucleares.

Ao longo do trabalho puderam-se achar as respostas para as questões decorrentes da formulação do problema apresentadas em 1.2.3, as quais são resumidas abaixo:

- ✓ Os sistemas integrados de gerenciamento podem ser aplicados ao gerenciamento da segurança, para permitir o compartilhamento de métodos e ferramentas, desde que a segurança seja prioritária sobre as demais áreas.
- ✓ Uma avaliação exclusivamente dedicada à segurança é um dos mecanismos que garantem essa prioridade.
- ✓ A avaliação integrada da efetividade do gerenciamento da segurança, através do agrupamento proposto possibilita uma visão geral da segurança da instalação e, mais importante, permite que se tenha uma visão das tendências nos níveis de segurança.
- ✓ A avaliação integrada da efetividade do gerenciamento da segurança interessa tanto a operadores quanto a reguladores.
- ✓ As questões associadas aos atributos do gerenciamento da segurança, o agrupamento adequado e o impacto de cada indicador na segurança foram respondidas ao longo dos Capítulos 2 e 3.
- ✓ O agrupamento proposto é compatível com os processos em curso numa usina nuclear e com os requisitos regulatórios.
- ✓ Embora não seja a intenção do trabalho apresentado, julga-se que o mesmo pode ser aplicado às indústrias que lidam com tecnologia perigosa e utilizam o ciclo PDCA no gerenciamento da segurança.

CAPÍTULO 4

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

4.1 CONCLUSÕES

O uso de indicadores é uma tendência mundial no gerenciamento, seja na indústria ou na área de serviços e o agrupamento dos mesmos é reconhecido como uma ferramenta importante para a tomada de decisão, pois possibilita uma visão integrada. No caso da indústria nuclear verifica-se que indicadores são amplamente utilizados, mas nem todas as usinas nucleares fazem uma avaliação integrada dos mesmos, nem há um consenso sobre a melhor maneira de agrupá-los.

A determinação de um agrupamento de indicadores não é uma tarefa trivial e torna-se mais complexa quando se pretende avaliar o desempenho de aspectos organizacionais, muitas vezes específicos de cada organização, e quando a segurança e os demais elementos afetos às atividades são tratados pelo mesmo sistema de gestão. Tal dificuldade pode ser evidenciada pelo fato de que, embora recentes publicações, tanto da AIEA quanto da NEA, apontem a necessidade de avanços na avaliação da efetividade do gerenciamento da segurança, há um longo período desde a última publicação específica da AIEA sobre agrupamento de indicadores de segurança (IAEA, 2000).

Os atuais métodos de agrupamentos, apresentados no Capítulo 2, incluem os indicadores afetos ao gerenciamento da segurança, mas o fazem como se o gerenciamento fosse mais um aspecto a ser considerado, assim como o aspecto técnico e humano, e não como se este influenciasse todos os outros.

O presente trabalho constitui-se numa ferramenta gerencial para verificar, de forma integrada, a efetividade do gerenciamento de segurança de usinas nucleares e permite a

detecção de tendências de degradação da segurança, possibilitando que condições latentes desfavoráveis possam ser corrigidas de modo antecipatório.

Ainda que cada organização da indústria nuclear possa ter diferentes graus de formalização, todas baseiam seu gerenciamento no Ciclo PDCA. O agrupamento proposto incorpora em seu primeiro nível de indicadores (Figura 3.10) tais atributos gerenciais e acrescenta um quinto elemento para refletir questões que permeiam todas as atividades uma organização. A escolha de Indicadores Globais que representam estes atributos, tão familiares aos níveis gerenciais de qualquer organização, estabelece um elo amigável entre o alto nível hierárquico e os aspectos do dia-a-dia da organização, refletidos pelos Indicadores Específicos.

Embora a pesquisa não tenha sido exaustiva para outras áreas que lidam com tecnologia perigosa, sabe-se que estas também se utilizam destes mesmos atributos gerenciais, portanto este primeiro nível de agrupamento é totalmente compatível com estas áreas. Já a utilização dos Indicadores Estratégicos propostos depende de pesquisa adicional.

O agrupamento proposto é compatível com a normativa nuclear brasileira e com recomendações internacionais aplicáveis e pode ser utilizado tanto por operadores como por reguladores.

O agrupamento proposto independe se o gerenciamento da segurança é dedicado ou integrado com outras áreas. No caso onde o gerenciamento integrado é utilizado, a adoção desta proposta é uma ferramenta útil para implantar a segurança como elemento prioritário na gestão.

A adoção da proposta depende de trabalho complementar referente ao estabelecimento de indicadores específicos, parametrização e determinação de pesos relativos. Ressalta-se a necessidade de um sistema de coleta e processamento de dados confiável, um sistema de análise de eventos robusto e uma classificação de desvios ou não-conformidades compatível com os Indicadores Estratégicos propostos.

Na validação desta proposta, que depende da definição dos indicadores estratégicos, deve-se tomar cuidado com o fato de a mesma tratar de vários indicadores proativos, que, por si só, não refletem problemas reais, mas sim sinais de degradação de mecanismos que podem desencadear um evento indesejável. Portanto, sua validação, através de dados

históricos, depende da ocorrência de acidentes ou eventos relevantes, o que nem sempre ocorre e que é altamente indesejável. Assim, a melhor maneira de verificar a adequação da proposta é a constatação, após a sua implantação, do declínio do número de desvios ou não conformidade associadas à segurança, tomando-se o devido cuidado para que este declínio não seja uma meta, mas uma consequência de um efetivo gerenciamento da segurança.

4.2 RECOMENDAÇÕES

4.2.1 – Recomendações em relação à aplicação da proposta

Ainda que cada organização tenha suas especificidades, sugere-se que a avaliação da efetividade do gerenciamento da segurança baseada na proposta apresentada seja realizada a intervalos de no mínimo seis meses e no máximo um ano. Além disso, a mesma deve preceder a revisão ou atualização das diretrizes e metas da organização, de modo que estas levem em consideração um diagnóstico recente sobre o estado da segurança da instalação.

A adoção da proposta não deve implicar no abandono da coleta e processamento de indicadores mais específicos pelos diversos setores da organização e suas avaliações mais frequentes pelos níveis gerenciais intermediários.

A adoção da proposta, também, não deve implicar no abandono de outros processos de avaliação, tais como: revisões independentes, auditorias, auto-avaliações e outros, pois, além de alguns destes serem mandatórios, os mesmos alimentam os indicadores propostos.

4.2.2 – Recomendações em relação a trabalhos futuros

Sugere-se a verificação da extensão da adequação dos Indicadores Estratégicos propostos, em relação a outras instalações de processos ou em particular àquelas que lidam com tecnologia perigosa. Embora se acredite que a mesma seja compatível com essas instalações, é importante lembrar que nem todas as áreas são tão reguladas em termos de segurança quanto a nuclear, portanto muitos dos processos ou programas mencionados podem não ser familiares a outros ramos da indústria.

Sugere-se, também, uma pesquisa para determinação dos métodos mais apropriados para a parametrização dos indicadores propostos.

Trabalhos que busquem correlacionar as classificações das causas de eventos ou das deficiências (não-conformidades ou desvios) com os fatores estratégicos propostos podem ser de grande utilidade para a implantação da proposta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHLERT, F. C., KRONMEYER FILHO, O. R., 2004, “Relações de causa e efeito no diagrama da estratégia do Balanced Scorecard”. Em: *Anais do XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Florianópolis, Brasil, 3-5 Junho.

ANDERSSON, K., SJÖBERG, B-M. D., LAURIDSEN, K., WAHLSTRÖM, B., 2002, “**Nuclear Safety in Perspective**”, Final Report of the Nordic Nuclear Safety Research Project SOS-1.

BARBIERI, J., CAJAZEIRA, J., 2004, “A NOVA NORMA ISO 14.001: Atendendo à Demanda das Partes Interessadas”, Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas. Artigo técnico disponível em: www.cempre.org.br/download/clipping/ANPAD-%20Barbieri%20e%20Cajazeira.doc. Acesso em: 06 mar. 2009.

BELLAMY, L. J., Geyer, T. A. W., Wilkinson, J., 2008, “Development of a functional model which integrates human factors, safety management systems and wider organisational issues”, *Safety Science*, v. 46, n. 3, (March), pp. 461-492.

BMU, 2004, “Principles for Safety Management Systems in Nuclear Power Plants”, *Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety*, published in Federal Gazette n. 138, pp. 16 275, Germany.

CHAKRABORTY, S., FLODIN, Y., GRINT, G., HABERMACHER, *et al.*, 2003, “Risk-based Safety Performance indicator for Nuclear Power Plants”. Transactions of: *17th International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology (SMiRT 17)*, Prague, Czech Republic, 17-22 August.

CNEN NE-1.26, 1997, “Segurança na Operação de Usinas Nucleoelétricas”, Norma da Comissão Nacional de Energia Nuclear, Rio de Janeiro-Brasil.

CNEN NN-1.01, 2007, “Licenciamento de Operadores de Reatores Nucleares”, Norma da Comissão Nacional de Energia Nuclear, Rio de Janeiro-Brasil.

CNEN NN-1.14, 2002, “Relatórios de Operação de Usinas Nucleoelétricas”, Norma da Comissão Nacional de Energia Nuclear, Rio de Janeiro-Brasil.

CNEN NN-1.16, 1999, “Garantia da Qualidade para a Segurança de Usinas Nucleoelétricas e outras Instalações”, Norma da Comissão Nacional de Energia Nuclear, Rio de Janeiro-Brasil.

CNEN NN-3.03, 1999, “Certificação da Qualificação de Supervisores de Radioproteção”, Norma da Comissão Nacional de Energia Nuclear, Rio de Janeiro-Brasil.

DAHLGREN PERSSON, K., LEDERMAN, L., PALOMO, J., SZIKSZAI T., 2001, “Safety Performance Indicators, Topical Issue Paper No. 5”. In: *Proceedings of an International Conference of the International Atomic Energy Agency*, pp. 271-292, Vienna, September.

HOLLNAGEL, E., 2004, *Barriers and accident Prevention*. 1 ed. England, Ashgate Publishing Limited.

IAEA, 1991, “Numerical Indicators of Nuclear Power Plants Safety Performance”, *TECDOC-600*, International Atomic Energy Agency, Vienna.

IAEA, 2000, “Operational Safety Performance Indicators for Nuclear Power Plants”, *TECDOC-1141*, International Atomic Energy Agency, Vienna.

IAEA, 2001, “The Operating Organization for Nuclear Power Plants”, *Safety Guide No. NS-G-2.4*, International Atomic Energy Agency, Vienna.

IAEA, 2002a, “Self-Assessment of Safety Culture in Nuclear Installations: Highlights and Good Practices”, *TECDOC-1321*, International Atomic Energy Agency, Vienna.

IAEA, 2002b, “Recruitment, Qualification and Training of Personnel for Nuclear Power Plants”, *Safety Guide NS-G-2.8*, International Atomic Energy Agency, Vienna.

IAEA, 2006a, “The Management System for Facilities and Activities”, *Safety Requirements GS-R-3*, International Atomic Energy Agency, Vienna.

IAEA, 2006b, “Application of the Management System for Facilities and Activities”, *Safety Guide GS-G-3.1*, International Atomic Energy Agency, Vienna

IAEA, 2007, “Terminology Used in Nuclear Safety and Radiation Protection”, *Safety Glossary*, 2007 Edition, International Atomic Energy Agency, Vienna.

IAEA, 2008a, “Best Practices in the Utilization and Dissemination of Operating Experience at Nuclear Power Plants”, *TECDOC-1580*, International Atomic Energy Agency, Vienna.

IAEA, 2008b, “The Management System for Nuclear Installations”, *Draft Safety Guide GS-G-3.2 (DS349)*, International Atomic Energy Agency, Vienna.

ICAO, 2006, “Safety Management Manual”, *Doc 9859 AN/460*, International Civil Aviation Organization.

INSAG-3, 1988, “Basic Safety Principles for Nuclear Power Plants”, *Safety Series No. 75*, International Nuclear Safety Advisory Group, IAEA, Vienna

INSAG-4, 1991, “Safety Culture”, *Safety Series No. 75*, International Nuclear Safety Advisory Group, IAEA, Vienna

INSAG-13, 1999, “Management of Operational Safety in Nuclear Power Plants”, International Nuclear Safety Advisory Group, IAEA, Vienna

JOLLANDS, N., LERMIT, J., PATTERSON, M., 2003, “The usefulness of aggregate indicators in policy making and evaluation: a discussion with application to eco-efficiency indicators in New Zealand”, The Australian National University. Disponível em: <<http://een.anu.edu.au/wsprgpap/papers/jolland1.pdf>>. Acesso em: 06 mar. 2009.

MARAIS, K., DULAC N., LEVESON, N., 2004, “: The Need for an Alternative Approach to safety in Complex Systems”, MIT-Massachusetts Institute of Technology, USA. Disponível em: <<http://esd.mit.edu/symposium/pdfs/papers/marais-b.pdf>>. Acesso em: 06 mar. 2009.

MAROÑO, M., PENÃ, J. A., SANTAMARÍA, J., 2006, “The ‘PROCESO’ index: a new methodology for the evaluation of operational safety in chemical industry”, *Reliability Engineering & Systems Safety*, v 91, n. 3 (March), pp. 349-361.

MENGOLINI, A., DEBARBERIS, L., 2008, “Effectiveness evaluation methodology for safety processes to enhance organisational culture in hazardous installations”, *Journal of Hazardous Materials*, v. 155, n 1-2 (June), pp. 243-252.

NEA, 2001, “The Effectiveness of Licensees in Inspecting the Management of Safety”, NEA/CNRA/R(2001)9, Nuclear Energy Agency/OECD, France.

NEA, 2006, “State-Of-The-Art Report on Systematic Approaches to Safety Management”, NEA/CSNI/R(2006)1, Nuclear Energy Agency /OECD, France.

OBADIA, I. J., 2004, *Sistema de Gestão Adaptativo para Organizações com Tecnologia Perigosa: A Cultura de Segurança como Pressuposto de Excelência Nuclear*. Tese de D.Sc, Programa de Engenharia de Produção/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.

OECD, 2003, “Guidance on safety performance indicators”, *Series on chemical accidents No. 11*, Organization for Economic Cooperation and Development, France.

OECD, 2005, “Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide”, *OECD Statistics Working Paper*, Organization for Economic Cooperation and Development, France.

ØIEN, K., 2001, “A framework for the establishment of organizational risk indicators”, *Reliability Engineering & System Safety*, v. 74, n. 2 (November), pp. 147-167.

QUELUZ, D. P., 2005, “Labour Dentistry: a new specialty in Dentistry”, *Brazilian Journal of Oral Sciences*, v. 4, n. 14 (July-September), pp. 766-772.

RASMUSSEN, J., SVEDUNG, I., 2000, *Proactive Risk Management in a Dynamic Society*. 1 ed. Karlstad ,Swedish Rescue Services Agency.

REASON, J., 1997, *Managing the Risks of Organizational Accidents*. 1 ed. England, Ashgate Publishing Limited.

SAQIB, N., SIDDIQI, M. T., 2005, “Thresholds and goals for safety performance indicators for nuclear power plants”, *Reliability Engineering & System Safety*, v. 87, n. 2 (February), pp. 275-286.

SAQIB, N., SIDDIQI, M. T., 2008, “Aggregation of safety performance indicators to higher-level indicators”, *Reliability Engineering & System Safety*, v. 93, n. 2 (February), pp. 307-315.

SCHIEHLL, E., MORISSETE, R., 2000, “Motivation, Measurement and Rewards from a Performance Evaluation Perspective”. *Revista de Administração Contemporânea*, v 4, n 3 (Setembro-Dezembro), pp. 7-24.

SEVALHO, G., 1993, “Uma abordagem histórica das representações sociais de saúde e doença”, *Caderno de Saúde Pública*, v. 9, n. 3 (Julho-Setembro), pp. 349-363.

SOUTO, K. C., 2005, *Um Sistema Especialista com Lógica Nebulosa para o Cálculo em Tempo Real de Indicadores de Desempenho e Segurança na Monitoração de Usinas Nucleares*. Tese de D.Sc, Programa de Engenharia Nuclear/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.

SVENSON *et al.*, 2006, *Nordic perspectives on safety management in high reliability organizations: Theory and applications*. 1 ed. Stockholm, Department of Psychology of Stockholm University.

USNRC, 2006, “Reactor Oversight Process”, *NUREG 1649-Rev. 4*, U.S. Nuclear Regulatory Commission, USA.

VINCZE, P., DAHLGREN PERSSON, K., 2006, “IAEA Safety Standards on Management Systems”, *Revista de la Sociedad Nuclear Española*, n. 264 (Junio), pp 11-15.

WILPERT, B., MILLER, R., WAHLSTRÖM, B., 1999, “ORGANISATIONAL FACTORS; Their definition and influence on nuclear safety (ORFA)”, *AMM – ORFA (99) – R03 Needs and Methods*, Commission of the European Communities.