

VI-043 - AVALIAÇÃO DE METODOLOGIAS ADOTADAS NOS ESTUDOS DE ANÁLISES DE RISCOS EM INDÚSTRIAS PETROQUÍMICAS NO COMPLEXO INDUSTRIAL PORTUÁRIO DE SUAPE-PE

Walquíria Soares de Souza França⁽¹⁾

Engenheira Civil e de Segurança pela Escola Politécnica de Pernambuco (POLI/UPE). Mestre em Tecnologia Ambiental pelo Instituto de Tecnologia de Pernambuco (ITEP/OS).

Gilson Lima da Silva⁽²⁾

Bacharel em Engenharia Química pela UFPE. Mestre em Agronomia pela UFRPE. Doutor em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

Sônia Valéria Pereira⁽³⁾

Química Industrial pela Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP). Mestre em Botânica pela UFRPE. Doutora em Botânica pela UFRPE.

Valdinete Lins da Silva⁽⁴⁾

Química pela Universidade Católica de Pernambuco. Mestre em Química pela UFPE. Doutora em Ciências pela Universidade Estadual de Campinas.

Rogério Ferreira da Silva⁽⁵⁾

Bacharel em Química pela UFPE. Mestre em Química pela UFPE. Doutorando em Química pela UFPE.

Endereço: Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) – Centro Acadêmico do Agreste (CAA) - Rodovia BR-104 km 59 - Nova Caruaru, CEP: 55002-970 Caruaru - PE – Brasil.

RESUMO

A chegada de empreendimentos da indústria petroquímica no Complexo Industrial de Suape – CIPS em Pernambuco traz oportunidades de crescimento e desenvolvimento econômico, assim como muita oferta de emprego e renda para o município de Ipojuca e cidades vizinhas, porém representa grande ameaça de degradação ambiental diante de potenciais vazamentos de óleo e demais produtos derivados do petróleo num ecossistema sensível e já muito afetado pela implantação do complexo. Para viabilizar a adoção de medidas eficazes para a prevenção da contaminação ambiental oriunda das atividades da indústria petroquímica é imprescindível à realização de Avaliação de Riscos Ambientais estruturada em metodologias de identificação e análise adequadas. No entanto, atualmente as normas, regulamentos técnicos e termos de referência, emitidos pela maioria das agências licenciadoras não definem qual o método que deverá ser adotado, ficando a cargo do empreendedor essa definição, podendo essa ser ou não a metodologia mais eficaz. Assim, através do estudo das referências bibliográficas existentes e da avaliação dos Estudos de Análises de Riscos – EAR de 03 (três) empreendimentos da Indústria Petroquímica apresentados à Agência Ambiental para obtenção da Licença Prévia buscou-se levantar as metodologias de identificação e análise de riscos ambientais existentes, bem como avaliar as metodologias adotadas nos EARs estudados. Os resultados apontaram que entre as metodologias levantadas, a FMEA - Análise de Modos e Efeitos de Falhas é a técnica mais eficaz a ser adotada em conjunto com a Análise Preliminar de Riscos, as quais permitem obter a classificação do risco e com isso, a priorização dos recursos a serem adotados para a prevenção de acidentes ambientais.

PALAVRAS-CHAVE: Indústria Petroquímica, Petróleo, Avaliação de Riscos Ambientais.

INTRODUÇÃO

A maioria dos processos de contaminação dos recursos naturais por produtos petroquímicos se dá através de seu lançamento em corpos d'água, descarte no solo ou emissões atmosféricas, decorrente de acidentes durante a sua manipulação, armazenamento ou transporte. Esses eventos ocorrem quando há um desconhecimento dos riscos /danos que podem acarretar, ou ainda quando o conhecimento existe, mas não são adotadas medidas preventivas eficazes.

Nos últimos 30 anos, foram registrados vários acidentes ambientais provenientes de atividades da indústria petroquímica, causando impactos ambientais consideráveis como o mais recente vazamento de óleo na Bacia de Campos em 2011, do Campo de Frade no Rio de Janeiro pela empresa americana Chevron, no qual provocou o

lançamento de mais de 1000 barris de petróleo no mar, segundo a Agência Nacional do Petróleo (ANP, 2011). Acidentes como esses sempre causam alerta na comunidade técnico-científica quanto a revisão de procedimentos para atendimento a emergências diante de catástrofes semelhantes. Em decorrência desses fatos, a conscientização da sociedade para as questões ambientais tem sido despertada, levando a criação de legislações, órgãos de regulamentação, limpas que são bem como a contribuição do meio científico para o desenvolvimento de tecnologias limpas que reduzam os riscos de novos acidentes. Por outro lado, há tecnologias inviáveis tecnicamente ou economicamente, fazendo com que parte das indústrias continue utilizando produtos altamente tóxicos e com grande potencial poluidor, sendo de extrema importância a identificação dos aspectos que se relacionam com o meio ambiente e a adoção de ferramentas de análises de riscos e estudo de seus impactos, para prevenir desastres ambientais.

A identificação e a análise de riscos são fundamentais na prevenção dos acidentes ambientais porque através delas são obtidas as informações sobre os potenciais impactos ambientais existentes nas diversas atividades, produtos ou processos, além de dispor de técnicas específicas para o reconhecimento dos efeitos e consequências que esses impactos possam gerar. Também é possível através da aplicação de metodologias de análise, definir a probabilidade de ocorrência dos impactos, que somados ao conhecimento de sua severidade, oferecem os dados necessários à tomada de decisão quanto ao gerenciamento dos riscos, através da comparação com critérios de aceitabilidade previamente estabelecidos.

1.1 Conceito de risco

O conceito de risco que se conhece atualmente provém da teoria das probabilidades, sistema axiomático oriundo da teoria dos jogos na França do século XVII (Douglas, 1987) e implica a consideração de previsibilidade de determinadas situações ou eventos por meio do conhecimento ou, pelo menos, possibilidade de conhecimento dos parâmetros de uma distribuição de probabilidades de acontecimentos futuros por meio da computação das expectativas matemáticas (FGV, 1987).

1.2 Requisitos legais aplicáveis

Como instrumento de proteção aos ecossistemas, a Lei Federal nº. 6938/81 estabeleceu a Política Nacional do Meio Ambiente e a necessidade de licenciamento prévio junto ao órgão ambiental competente das atividades efetivas ou potencialmente poluidoras e as capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental.

Cinco anos mais tarde, o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA promulgou a Resolução nº. 001/86, que determinou a necessidade de elaboração de Estudo de Impacto Ambiental – EIA, e respectivo Relatório de Impacto Ambiental - RIMA, a serem submetidos à aprovação do órgão estadual competente e do IBAMA em caráter supletivo.

A Carta Magna Brasileira, Constituição Federal, promulgada em 1988, no Capítulo VI, art. 225, fortaleceu a Política Nacional do Meio Ambiente ao determinar que “todos tem o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial a sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”. Além disso, também atribuiu ao poder público a incumbência de exigir, na forma da lei, o estudo prévio de impacto ambiental para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente.

A Resolução do CONAMA nº. 237 de 1997 revisou os requisitos para licenciamento ambiental e ferramentas de gestão ambiental e o Estudo de Análise de Riscos – EAR passa a ser exigido, a critério do órgão ambiental competente, em função da capacidade poluidora do empreendimento.

No âmbito estadual, a Lei de nº 14.249, de 17 de dezembro de 2010, que dispõe sobre o licenciamento ambiental, infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabeleceu que a licença ambiental para empreendimentos e atividades consideradas efetiva ou potencialmente causadoras de significativa degradação do meio ambiente dependerá de prévio Estudo de Impacto Ambiental - EIA e respectivo Relatório de Impacto Ambiental - RIMA, aos quais se dará publicidade, garantida a realização de audiências públicas, quando couber, de acordo com a regulamentação.

2. ESTUDO DE ANÁLISE DE RISCOS - EAR

O EAR é um estudo quantitativo de riscos ao Meio Ambiente, baseado em técnicas de identificação de perigos, estimativa de frequências e consequências, análise de vulnerabilidade e na estimativa do risco (CETESB, 2003).

O Estudo de Análise de Riscos tem como objetivo principal responder as seguintes questões:

- O que pode acontecer de errado?
- Quais são as causas básicas dos eventos não desejados?
- Quais são as consequências?
- Qual é a frequência dos acidentes?
- Os riscos são toleráveis?

Para a CETESB (2003, p.22), a etapa de identificação de perigos e consolidação dos cenários acidentais, consiste na aplicação de técnicas estruturadas para a identificação das possíveis sequências de acidentes e para a definição dos cenários acidentais a serem estudados de forma detalhada.

2.1 Metodologias para a Identificação, Análise e Avaliação dos Riscos

Herbert (1976) considera que as principais metodologias de identificação, análise e avaliação dos riscos são:

- a) Identificação dos Riscos: Técnica de Incidentes Críticos – TIC, What-if (Wi), Brainstorming e Checklist – Lista de Verificações.
- b) Análise dos Riscos: Análise Preliminar de Riscos – APR, Análise de Modos de Falha e Efeitos – FMEA, Análise de Operabilidade de Perigos – HAZOP.
- c) Avaliação dos Riscos: Análise de Árvore de Eventos – AAE, Análise por Diagrama de Blocos – ADB, Análise de Causas e Consequências – ACC, Análise de Árvore de Falhas – AFF e Análise Quantitativa de Riscos AQR.

2.1.1 Identificação dos Riscos

a) Técnica de Incidentes Críticos – TIC

É uma ferramenta para análise de riscos que se baseia no relato de profissionais, que participaram ou presenciaram incidentes críticos ocorridos ou que quase ocorreram (CAVALCANTI & SEVERIANO FILHO, 2002).

Após a coleta de dados por parte do entrevistador, os incidentes pertinentes são transcritos e classificados em categorias de risco, definindo a partir daí as áreas-problema, bem como a priorização das ações para a posterior distribuição dos recursos disponíveis, tanto para a correção das situações existentes como para prevenção de problemas futuros (ALBERTON, 1996).

b) What-if (wi)

Segundo Brito (2007), nesta técnica busca-se fazer uma série de questionamentos do tipo “o que acontece se...? Sobre uma ação operacional ou sobre a ocorrência de um evento específico, a fim de se construir uma visão inicial das possíveis consequências dessa ação ou evento. Com isso, pode-se realizar a identificação de perigos ainda na fase de projeto de um empreendimento, o que orienta a escolha de tecnologias, dentre outras decisões. O Quadro 1 apresenta um modelo de identificação de riscos pelo método What-if.

Tabela 1: Modelo de identificação de riscos pelo método What-if.

Nº	E se?	Causas	Consequências	Salvaguardas	Recomendações

Fonte: Brito (2007)

c) Brainstorming

Conforme Meireles (2001), o método foi desenvolvido por Alex F. Osborn em 1939 quando ele presidia uma importante agência de propaganda. O Brainstorming (*Brain* = mente *Storming* = tempestade) é utilizado para que um grupo de pessoas crie o maior número de idéias a cerca de um tema previamente selecionado, podendo ser usada para identificar problemas – no questionamento das causas – ou para se fazer a análise da relação causa-efeito.

d) Checklist – Lista de Verificações

Uma lista de verificação é uma ferramenta estruturada, geralmente específica do componente, usada para verificar se foi executado um conjunto de etapas necessárias. As listas de verificação podem ser simples ou complexas. Muitas organizações possuem listas de verificação padronizadas disponíveis para garantir a consistência em tarefas realizadas com frequência. Estas listas indicam comportamentos, adjetivos ou descrições e cada item contribui para a soma que indica o desempenho (MILKOVICH; BOUDREAU, 2000).

2.1.2 Análise dos Riscos

a) Análise Preliminar de Riscos - APR

A APR tem como objetivo determinar os riscos e as medidas preventivas antes da fase operacional. A metodologia aplicada é a revisão geral dos aspectos ambientais, por meio de um formulário padrão, levantando-se as causas e os efeitos de cada risco, medidas e prevenção ou correção e categorização dos riscos. Este método facilita a priorização das ações preventivas e corretivas e permite revisões nos projetos em tempo hábil, proporcionando maior segurança (FRANÇA, et al., 2006). A Tabela 2 demonstra um modelo de APR:

Tabela 2: Modelo de uma Análise Preliminar de Riscos – APR

Atividade	Perigos	Causas básicas	Modo de detecção	Efeitos ou consequências	Recomendações/ Observações	Frequência	Severidade	Categoria do Risco

Fonte: Petrobrás (2010)

b) Análise de Modos e Efeitos de Falhas - FMEA

Para Nigel Slack *et al* (1997), A FMEA é um meio de identificar falhas antes que aconteçam, através de um procedimento de “lista de verificação” (check-list); que é construída em torno de três perguntas-chave. Para cada causa possível de falha:

- Qual é a probabilidade da falha ocorrer?
- Qual seria a consequência da falha/
- Com qual probabilidade essa falha é detectada antes que afete o cliente?

Ainda para Nigel Slack *et al* (1997), baseado em uma avaliação quantitativa dessas três perguntas, é calculado um número de prioridade de risco (NPR) para cada causa potencial de falha. Ações corretivas que visam prevenir falhas são então aplicadas às causas cujo NPR indica que justificam prioridade. É essencialmente um processo de sete passos:

- Passo 1 – Identificar todas as partes componentes dos produtos ou processos.
- Passo 2 – Listar todas as formas possíveis que os componentes poderiam falhar (os modos de falhas).
- Passo 3 – Identificar os efeitos possíveis das falhas (tempo parado, segurança, feitos para os clientes, etc).
- Passo 4 – Identificar todas as causas possíveis das falhas para cada modo de falha.
- Passo 5 – Avaliar a probabilidade de falha, a severidade dos efeitos e a A probabilidade de detecção.
- Passo 6 – Calcular o NPR multiplicando as três avaliações entre si.
- Passo 7 – Estabelecer as ações preventivas e/ou corretivas necessárias.

A seguir, ilustra-se a FMEA por meio da elaboração da tabela 3:

Tabela 3: Modelo de identificação de riscos pelo método FMEA

Item/ Processo	Falhas possíveis			Controles atuais	Índices				Ação corretiva e/ou preventiva
	Modo de falha	Efeito	Causas		O	D	S	NPR (OxDxS)	
Ocorrência (O)			Deteção (D)		Severidade (S)				
Improvável	1	Alta	1	Apenas perceptível	1				
Muito pequena	2 a 3	Moderada	2 a 3	Pouca importância	2 a 3				
Moderada	4 a 6	Pequena	4 a 6	Moderada	4 a 6				
Alta	7 a 8	Muito pequena	7 a 8	Grave	7 a 8				
Alarmante	9 a 10	Improvável	9 a 10	Gravíssima	9 a 10				
Graus de Prioridade do Risco			Baixo-1 a 100	Moderado – 101 a 300	Alto – 301 a 1000				

Fonte: Oliveira (2009)

c) Análise de Operabilidade e Perigos - HAZOP

O estudo de Operabilidade e riscos, conhecido como HAZOP (Hazard and Operability Studies), é uma técnica de análise qualitativa desenvolvida com o intuito de examinar as linhas de processo, identificando riscos e prevenindo problemas de operabilidade de uma instalação, revisando metodicamente o projeto da unidade ou de toda a fábrica (ALBERTON, 1996).

Segundo Calixto (2006), essa técnica é baseada em palavras-guias, desvios, causas, conseqüências e recomendações, sendo uma das técnicas qualitativas de análise de riscos mais formalizadas em termos de metodologia.

A Tabela 4 apresenta um exemplo de planilha utilizada para o desenvolvimento da análise de perigos e operabilidade:

Tabela 4: Modelo de identificação de riscos pelo método HAZOP

PALAVRA-GUIA		DESVIO			
NENHUM		Ausência de fluxo ou fluxo reverso			
MAIS		Mais, em relação a um parâmetro físico importante. (Ex.: mais vazão, maior temperatura, etc.)			
MENOS		Menos, em relação a um parâmetro físico importante. (Ex.: menos vazão, menos pressão)			
MUDANÇAS NA COMPOSIÇÃO		Alguns componentes em maior ou menor proporção, ou ainda, um componente faltando.			
COMPONENTES A MAIS		Componentes a mais em relação aos que deveriam existir. (Ex.: impurezas,etc.)			
OUTRA CONDIÇÃO OPERACIONAL		Partida, parada, funcionamento carga reduzida, modo alternativo de operação, manutenção, etc			
HAZOP – Análise de Perigos e Operabilidade					
Unidade:					
Sistema:		Equipe:		Data:	
Localização do nó:				Página:	
Item (Palavra-Guia)	Desvio	Causas Possíveis	Consequências	Salvaguardas	Observações

Fonte: Oliveira (2009)

2.1.3 Avaliação de Riscos

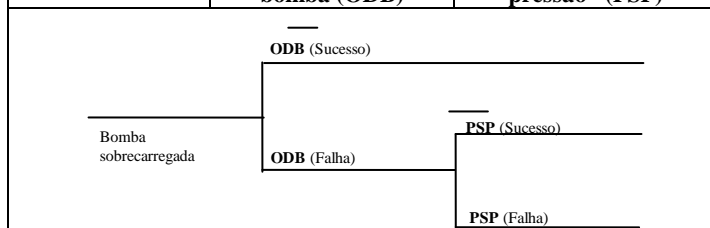
As metodologias de Avaliação de Riscos estudadas foram:

- Análise de Árvore de Eventos – AAE;
- Análise por Diagramas de Bloco – ADB;
- Análise de Árvore de Falhas – AAF ou FTA;
- Análise Quantitativa de Riscos – AQR

a) Análise de Árvore de Eventos - AAE

Conforme Oliveira (2009), a Análise da Árvore de Eventos, ou do original em inglês *Event Tree Analysis* (ETA), é um método lógico-indutivo que, partindo de um determinado evento inicial, delineiam-se as combinações de eventos até chegar aos possíveis resultados (cenários), sendo utilizado para identificar as várias e possíveis consequências resultantes de um evento indesejado em potencial, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1: Modelo de identificação de riscos pelo método AAE

Evento inicial	Operador desliga a bomba (ODB)	Proteção de “Sobre-pressão” (PSP)	Resultado Final do evento inicial	Seqüência do evento indesejado
	ODB (Sucesso)		Não ruptura	BSC' \overline{ODB}
	ODB (Falha)	PSP (Sucesso)	Não ruptura	BSC' ODB'PSP
		PSP (Falha)	Ruptura	BSC' ODB'PSP

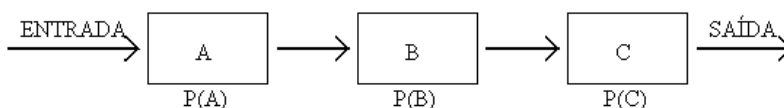
Fonte: Oliveira (2009)

b) Análise por Diagramas de Bloco - ADB

A Análise por Diagrama de Blocos utiliza-se de um fluxograma em blocos do sistema, calculando as probabilidades de sucesso ou falha do mesmo, pela análise das probabilidades de sucesso ou falha de cada bloco.

A técnica é útil para identificar o comportamento lógico de um sistema constituído por poucos componentes (ALBERTON, 1996), conforme figura 01.

Figura 01 – Modelo de Análise por Diagrama de Blocos.

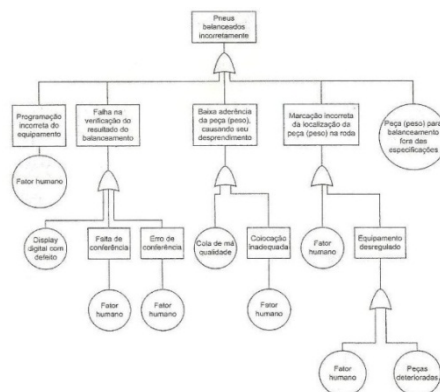


Fonte: Alberton (1996)

c) Análise de Árvore de Falhas – AAF ou FTA

Conforme Brito (2007), o método de Árvore de falhas (Fault Tree Method) é um processo dedutivo no qual um evento indesejado denominado *evento topo* é postulado, e através da lógica de Boole, as possíveis formas de esse evento ocorrer são sistematicamente deduzidas a partir da combinação de eventos causadores independentes. A figura 02 exemplifica a construção de uma FTA:

Figura 02 – FTA para uma linha de montagem de pneus de caminhões.



Fonte: Oliveira (2009).

d) Análise Quantitativa de Riscos - AQR

A Análise Quantitativa de Risco (AQR) permite definir para cada tipo de evento acidental identificado em uma instalação industrial, a aceitabilidade do risco a partir do cálculo da frequência de falha utilizando as técnicas de análise e identificação do perigo e o dimensionamento das possíveis consequências dos acidentes no ambiente por meio da simulação da modelagem física para obter a magnitude de impacto (CHAVES & MAINIER, 2005).

2.2 Consolidação das hipóteses acidentais

Conforme Norma Técnica da CETESB - P4.261 (2003), identificados os perigos da instalação em estudo, as hipóteses acidentais consideradas devem ser claramente descritas, devendo ser estudadas pormenorizadamente nas etapas posteriores do trabalho.

2.3 Outros Estudos de Riscos Ambientais

2.3.1 Plano de Gerenciamento de Riscos – PGR

Para Serpa (2002), toda e qualquer instalação ou atividade perigosa requer a incorporação de programas de gestão, os quais, nestes casos específicos, ficaram conhecidos como os Programas de Gerenciamento de Riscos (PGRs), que devem contemplar, no mínimo, normas e procedimentos relativos a:

(a) informações de segurança; (b) política de análise avaliação e revisão de riscos; (c) gerenciamento de modificações; (d) manutenção; (e) normas e procedimentos operacionais; (f) práticas seguras de trabalho; (g) política de capacitação de recursos humanos; (h) investigação de incidentes; (i) auditorias; (j) plano de emergência.

2.3.2 Plano de Emergência Individual - PEI

De acordo com a Resolução do CONAMA 398/08, o PEI é o documento ou conjunto de documentos, que contem as informações e a descrição dos procedimentos de resposta da instalação a um incidente de poluição por óleo, em águas sob jurisdição nacional, decorrente de suas atividades.

2.3.3 Plano de Área - PA

Poffo (2010) considera que o Plano de Área tem por objetivo integrar diversos PEI desta área para combate a incidentes de poluição por óleo, facilitando e ampliando a capacidade de resposta a situações de emergências, além de orientar ações necessárias na ocorrência de incidentes de poluição por óleo de origem desconhecida. A elaboração do Plano de Área é regida pelo Decreto Federal n.º 4871/2003.

2.3.4 Plano de Contingência - PC

O Plano de Contingência é um dos sistemas pelo qual uma empresa estabelece procedimentos padrões seguidos por toda a estrutura organizacional no controle das causas dos sinistros e seus impactos (MELLO, 2005). É um plano personalizado em que se criam todas as hipóteses acidentárias possíveis de acontecer, baseadas nos riscos que se têm (BARCELLOS, 2004).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia adotada para o desenvolvimento deste trabalho consistiu em pesquisa documental e bibliográfica existente sobre as Metodologias de Análise de Riscos Ambientais integrantes dos Estudos de Impacto Ambiental para a implementação dos empreendimentos da indústria Petroquímica no Complexo Industrial Portuário de Suape - CIPS, buscando identificar e avaliar as metodologias adotadas nos Estudos de Análises de Riscos e sua eficácia na prevenção de contaminação ambiental.

A avaliação foi desenvolvida a partir de Estudos de Análises de Riscos Ambientais realizados para a implementação de 03 (três) empreendimentos da indústria Petroquímica no CIPS, situado 40 km ao sul do Recife, capital de Pernambuco, nos municípios de Ipojuca e Cabo de Santo Agostinho:

- Projeto de uma Indústria de Ácido Tereftálico Purificado – PTA;
- Indústria de PTA, filamentos de Poliéster e Resina de PET;
- Refinaria de Petróleo.

3.1 Indústria de Ácido Tereftálico Purificado – PTA – Empresa 1

A implantação deste empreendimento não foi realizada pela empresa, mesmo após a obtenção da Licença Prévia.

De acordo com Pires (2006), o propósito do empreendimento era a construção de uma unidade industrial para obtenção de Ácido Tereftálico Purificado (PTA), principal matéria prima usada para a produção de resina Polietileno Tereftalato (PET), que é um importante elo na cadeia do poliéster tanto para a fabricação de fibras sintéticas de poliéster como na obtenção da resina Polietileno Tereftalato (PET) para embalagens, além de outros produtos onde esta base polimérica se aplica.

3.2 Indústria de PTA, filamentos de Poliéster e Resina de PET – Empresa 2

Esta planta é parte inicial de um projeto estruturante, que tem como finalidade integrar e viabilizar todos os elos subsequentes da cadeia de poliéster, em empreendimentos que serão implantados em futuro próximo. (EAR Empresa 2, 2006).

3.1.3 Refinaria de Petróleo

Para a FADE (2006), o projeto da Refinaria de Petróleo corresponde a um investimento de 4 bilhões de dólares (cerca de 8,5 bilhões de reais) e prevê o processamento de 200 mil barris por dia de petróleo pesado, segundo a classificação API (*American Petroleum Institute*), visando a máxima produção de diesel.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação realizada nos estudos selecionados conforme metodologia adotada permitiram chegar aos seguintes resultados apresentados a seguir.

4.1 Estudo de Análise de Risco do Projeto da Indústria de Ácido Tereftálico Purificado – PTA – Empresa 1

O EAR refere-se apenas aos impactos e foi realizado com a elaboração de duas matrizes distintas, para as fases de implantação e de operação.

4.1.1 Identificação dos Perigos

A metodologia adotada para a construção das matrizes foi a Análise Preliminar de Riscos – APP ou APR, através da qual os impactos foram identificados.

4.1.2 Avaliação dos Riscos

Para a avaliação dos impactos advindos das emissões atmosféricas, foi utilizado o modelo de dispersão SCREEN3, o qual consistiu numa simulação para identificar as condições que poderiam influenciar o transporte e a dispersão dos principais poluentes.

4.1.3 Cenários acidentais

Não foi identificada no estudo uma consolidação dos cenários acidentais, estando as situações de riscos relatadas ao longo de todo o texto e citadas nas matrizes de impactos ambientais.

4.14 Análise do Termo de Referência - TR

Apesar do parecer emitido pela Agência Estadual de Meio Ambiente, ter sido favorável a implementação do empreendimento ao considerar o atendimento aos requisitos solicitados pelo Termo de Referência, após a análise de todo o Estudo foi verificado que a metodologia utilizada para a identificação dos riscos foi a Análise Preliminar de Riscos – APR, relatos fornecidos pela empresa contratante e experiências dos profissionais contratados para a elaboração do Estudo.

Diante da relevância dos riscos de uma planta petroquímica de ácido tereftálico, que conforme dados do próprio EIA envolve no seu processo produtivo o emprego de produtos químicos nocivos à saúde e ao meio ambiente como paraxileno, ácido acético, catalisadores (paládio, ácido bromídrico, acetato de manganês), ácido oxálico, óxido de alumínio, hidrogênio, considera-se que o EAR deveria ter adotado metodologia(s) mais aprofundada(s) na identificação e análise dos perigos existentes tanto na futura operação da fabricação do ácido tereftálico como também contemplar o processo de transporte e armazenamento das matérias-primas compostas, em sua maioria pelos produtos químicos citados. Foi verificado que o EAR não abrangeu os riscos existentes, na alimentação da planta de PTA pelos produtos químicos, bem como nos dutos de transporte dos mesmos, desde o local do armazenamento temporário (Porto de Suape) até a Fábrica. Tendo em vista que na região do CIPS ainda existe concentrações de moradias populares, o reconhecimento dos perigos inerentes ao sistema de transporte de produtos nocivos e inflamáveis dutos são de fundamental importância, visando à adoção de medidas preventivas eficazes a evitar acidentes ambientais. De acordo com todos os dados consultados, pode-se constatar que as metodologias adotadas para a identificação, análise e avaliação dos riscos não foram suficientes para proporcionar todas as informações necessárias a prevenção de acidentes ambientais possíveis a implantação de uma planta de ácido tereftalato.

4.2 Estudo de PTA, filamentos de Poliéster e Resina de PET – Empresa 2

O Estudo de Análise de Riscos da Petroquímica foi concluído em julho de 2006 e foi baseado em metodologias reconhecidas e adotadas nacional e internacionalmente, recomendações normativas e instruções técnicas e legais quando pertinentes, sempre tendo por base o Termo de Referência emitido pela Agência Ambiental, além da Norma P4.261 da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB.

4.2.1 Identificação dos Perigos

A identificação dos perigos associados à operação da petroquímica teve por base a Análise Histórica de Acidentes aliado à aplicação da técnica de Análise Preliminar de Perigos – APR, envolvendo os processos de armazenamento e transporte de insumos, processamento do ácido tereftálico e armazenamento do produto final.

Os resultados dessas análises definiram as Hipóteses Acidentais – HA, contempladas na Análise Quantitativa dos Riscos – AQR. Após a seleção das HAs foram identificados os eventos acidentais esperados no caso de vazamento dos insumos e/ou produto envolvidos e que poderiam resultar em Formação de Nuvem Tóxica, Explosões, *Flashfires*.

4.2.2 Avaliação dos Riscos

A metodologia aplicada para Análise e Avaliação dos Riscos no Estudo foi a técnica de Análise Preliminar de Perigos – APR. Após a identificação do perigo, foi feita uma avaliação qualitativa da frequência de ocorrência do perigo identificado e da severidade associada às respectivas consequências, através do estabelecimento de categorias de frequência e de severidade. Em seguida, tendo em vista que o risco é uma combinação de frequência e das consequências obteve-se uma avaliação qualitativa dos riscos.

O resultado da análise das APR deu origem ao Quadro 02, a Matriz de Caracterização de Riscos.

Quadro 02 – Matriz de caracterização de riscos Petroquímica

		Severidade			
		Desprezível (I)	Marginal (II)	Crítica (III)	Catastrófica (IV)
Probabilidade	Provável (A)	-	-	2	-
	Razoavelmente Provável (B)	-	6	2	-
	Remota (C)	-	4	17	7
	Extremamente Remota (D)	-	-	35	32

Fonte: EAR da Empresa. 2006

Os gráficos presentes nas figuras 03 e 04 apresentam com os riscos foram caracterizados e suas respectivas probabilidades de ocorrência, levando-se em consideração às novas tecnologias para produção de PTA, fios de poliéster e resina PET, com seus sistemas de segurança internos.

Figura 03 – Caracterização do Risco.

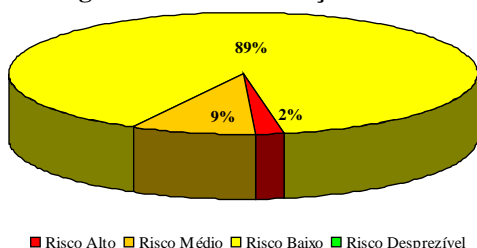
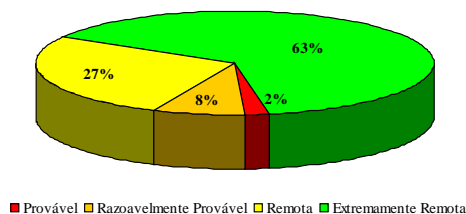


Figura 04 – Probabilidade de Ocorrência do Risco.



Fonte: EAR da Empresa. 2006

4.2.3 Consolidação dos cenários Acidentais

No EAR da Petroquímica foram identificados os eventos (perigos) capazes de dar origem a acidentes nas instalações analisadas. Estes eventos foram denominados como “hipóteses acidentais”.

Também foram identificadas as causas de cada um dos perigos e as suas respectivas consequências (efeitos), as quais dependem da evolução do acidente após a sua ocorrência. O conjunto formado pela hipótese acidental e por suas consequências foi denominado “cenário acidental”.

Dentre os 105 cenários acidentais relatados no EAR da Petroquímica não foram considerados os processos não operacionais como os Sistemas de Tratamento de Águas e Efluentes, que empregam também produtos químicos considerados nocivos à saúde humana e ao meio ambiente.

4.2.4. Avaliação das Hipóteses Acidentais

Para a avaliação das Hipóteses Acidentais foi adotada a Metodologia de Árvore de Eventos com o auxílio de Árvore de Falhas.

4.2.5 Análise do Termo de Referência – TR

O Termo de referência GT de n.º 07/06 do CPRH estabeleceu através do Anexo I, a necessidade de Estudo de Análise, Avaliação e Gerenciamento de Riscos (EAR) como parte integrante do EIA do Empreendimento, de maneira que na sua elaboração e apresentação deveriam ser observados, além dos procedimentos já estabelecidos para o EIA.

Após a análise de todo o EAR foi verificada a adoção de algumas das metodologias de Identificação, Análise e Avaliação de Riscos apresentadas no item 2.4. Para a identificação dos Perigos foram utilizadas as técnicas de Análise histórica de acidentes e Análise de Preliminar de Perigos - AAP ou APR. Foi desenvolvida planilha de APR específica para esse estudo, que deu origem a definição das Hipóteses ambientais. Para a análise qualitativa dos Riscos foi utilizada a APP ou APR, com a classificação do Risco de acordo com sua categoria. Na análise quantitativa dos Riscos (AQR) foram utilizadas as metodologias de Análise de Árvore de Eventos – AQR, que avaliou as Hipóteses Acidentais, contando com o auxílio da Análise de Árvore de Falhas, nas causas prováveis em termos de estrutura e fluxo do evento indesejado. Foi utilizado ainda modelo matemático para o cálculo da probabilidade de efetivação das causas.

Apesar de o estudo relatar que a planta da petroquímica contará com sistemas de segurança automáticos e de boa confiabilidade, consideramos que o resultado da avaliação dos riscos obteve tendência muito baixa, diante dos produtos químicos nocivos empregados no processo de fabricação do ácido tereftalato, pois a metodologia utilizada para a identificação dos perigos não levou em consideração o estudo aprofundados dos modos de falhas que podem ocorrer durante a operação da planta.

Foi constatado que o emprego da metodologia de AAF foi superficial, em virtude das árvores obterem apenas 01 ramificação, ficando apenas na identificação das falhas (causas) imediatas e não nas básicas ou ainda conhecidas como raízes. As causas básicas ou raízes são aquelas que desencadearam a ocorrência da falha e se prevenidas ou tratadas, são suficientes para evitar novas ocorrências, ou seja, aquelas que o que seria possível através do emprego de outras técnicas, tendo como exemplo o FMEA.

4.3 Estudo de Análise de Riscos da Refinaria de Petróleo

A metodologia de Análise de Risco adotada foi a quantitativa, que objetiva a identificação de perigos durante operações da refinaria e a subsequente estimativa da probabilidade de ocorrência e respectivas consequências de um incidente. O risco foi analisado de acordo com as seguintes etapas:

- Identificação dos Perigos;
- Avaliação Quantitativa dos Riscos (AQR)

Nessas etapas da metodologia, diversas atividades foram executadas quando da análise dos processos:

- Estimativa da frequência de ocorrência dos perigos;
- Avaliação das consequências associadas aos perigos identificados.

4.3.1 Identificação dos Perigos

Realizada através de pesquisa histórica de acidentes em bancos de dados HSELINE³ e MHIDAS³, além de software corporativo da Empresa denominado de SIGA⁶ – Sistema de Gerenciamento de Anomalia e literatura especializada.

O estudo apresentou 57 registros de acidentes após consulta aos bancos de dados MHIDAS e HSELINE, considerando os produtos e unidades semelhantes ao empreendimento em análise.

A metodologia de análise de risco que foi adotada pelo estudo era composta de duas etapas. A primeira etapa correspondeu a etapa qualitativa e compreendeu a identificação dos perigos envolvidos. Esta etapa foi realizada através do emprego da técnica de Análise Preliminar de Perigos (APP). Em seguida, os cenários considerados como relevantes pela equipe especializada da empresa contratante do EAR e também identificados com categoria de risco moderado, crítico ou muito crítico durante a execução da APP foram modelados e quantificados através de modelos híbridos.

Os modelos adotados no estudo foram baseados no hibridismo entre ESDs (*Event Sequence Diagrams*), Árvores de Falhas e BBN (*Bayesian Belief Networks*).

As principais operações realizadas no processo de refino foram modeladas via ESDs, onde os eventos pivotais correspondem tanto a falha de equipamentos quanto a erros humanos.

a) APP – Análise Preliminar de Perigos

Realizada através do preenchimento de uma planilha para cada uma das instalações do empreendimento, conforme a descrição apresentada a seguir na Figura 5:

Figura 5 – Planilha de APP.

ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS							
SISTEMA:						DATA:	
SUB-SISTEMA:						FOLHA:	
PERIGO	CAUSAS	CENÁRIO	EFEITOS	FREQ.	SEV.	RISCO	OBS/RECOMENDAÇÕES

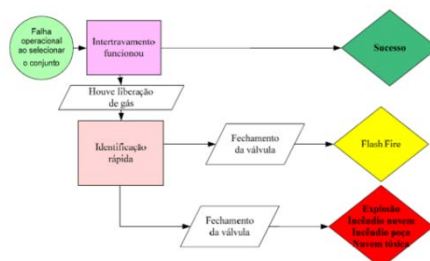
Fonte: EAR da Refinaria de Petróleo. 2006

b) ESD – Event Sequence Diagrams

Após a análise dos cenários que compuseram as APPs, foram identificados os cenários mais críticos em cada etapa do processo de refino do petróleo. Dessa forma, foram construídos os diagramas sequenciais de eventos, sobre os quinze cenários escolhidos para representar a sequência de eventos após a ocorrência de um evento iniciador.

A figura 6 a seguir apresenta um exemplo de diagrama sequencial construído para o cenário de reatores de coque:

Figura 6 – Diagramas Sequenciais de Eventos dos reatores de coque



Fonte: EAR da Refinaria de Petróleo. 2006

4.3.4 Análise do Termo de Referência – TR

O termo de referência estabeleceu a necessidade de Estudo de Análise, Avaliação e Gerenciamento de Riscos (EAR) como parte integrante do EIA do Empreendimento, de maneira que na sua elaboração e apresentação deveriam ser observados, além dos procedimentos já estabelecidos para o EIA, requisitos técnicos específicos.

A análise histórica dos acidentes contou com a consulta de banco de dados: 01 de origem europeu e outro internacional, e o banco de dados internos da empresa contratante. A análise contou ainda com a pesquisa em literaturas especializadas.

A divisão adotada para as causas os acidentes, em categorias foi bastante interessante e contribui para o direcionamento dos recursos de uma organização para a adoção das medidas mitigadoras.

No estudo dos riscos da Refinaria também foi adotada como metodologia de identificação e definição dos cenários acidentais a Análise Preliminar de Riscos, que apesar de contribuir na identificação dos perigos, não oferece as informações necessárias quando aos modos de falhas e suas respectivas causas.

A APR permitiu a classificação dos riscos em função da probabilidade de sua ocorrência e da severidade que poderá causar. Os riscos considerados moderados a muitos críticos foram avaliados quantitativamente, através dos modelos híbridos, sendo utilizados os diagramas sequenciais de eventos e redes bayesianas, já detalhadas neste estudo.

A metodologia de diagramas sequenciais de eventos foi bastante eficaz para o reconhecimento das consequências que um acidente ambiental pode gerar, mas também não fornece as informações quanto às causas básicas que provocariam os eventos chamados “iniciador” e apenas as causas imediatas, deixando a empresa contratante vulnerável por não possuir os dados necessários a adoção de medidas preventivas eficazes.

Assim, em virtude do potencial dos perigos identificados dentro de uma planta de Refino de Petróleo, é fundamental para a definição de medidas preventivas eficazes o reconhecimento de todas as possíveis causas básicas ou raízes que podem levar a ocorrência de falhas nos sistemas operacionais. Dentre as metodologias estudadas a FMEA seria a mais indicada, sendo recomendado o uso logo após a conclusão da APP, visando garantir a identificação de todos os perigos e suas causas básicas ou raízes.

4.4 Avaliação geral das metodologias utilizadas

Nos EARs estudados, foi verificado que apenas o uso das metodologias de AAP – Análise Preliminar de Perigos, AAE – Análise de Árvore de Eventos, ADB - Análise por Diagramas de Blocos e AQR – Análise Quantitativa de Riscos, sendo esta última composta por modelos híbridos para a avaliação quantitativa dos riscos.

A tabela 5 a seguir apresenta as principais vantagens e desvantagens das metodologias estudadas:

Tabela 5 – Principais vantagens e desvantagens das metodologias de análise de riscos estudadas

Metodologia	Vantagens	Desvantagens
TIC (Técnica de Incidentes Críticos)	Considera os registros e experiências anteriores	Tem caráter corretivo, não considerando riscos potenciais.
What-If (E se?)	Permite a construção de uma visão inicial das possíveis consequências/ danos de uma atividade ou operação ainda na fase de projeto.	Não oferece recursos para a classificação do risco, dificultando a priorização da adoção de controles.
Brainstorming	Permite a geração de inúmeras ideias em relação ao risco estudado.	Sem precisão das informações e não oferece recursos para a classificação do risco, dificultando a priorização da adoção de controles.
Check-list ou Listas de verificação – LV	Permite o reconhecimento dos riscos através de um roteiro pré-determinado, garantindo a verificação de todos os itens.	Restringe a avaliação apenas ao formulário, induzindo a avaliação apenas para os riscos já relacionados no check-list.
APP – Análise Preliminar de Perigos	Permite identificar previamente o risco das atividades, conhecer os efeitos e consequências que podem advir desses riscos, além de permitir a classificação do risco em função da probabilidade de ocorrência e severidade que pode causar.	Não possui recursos para a análise mais aprofundada dos riscos existentes nas operações e atividades em geral.
FMEA – Análise de Modos e Efeitos de Falhas	Permite que todas as etapas de um processo sejam identificadas e para cada etapa, sejam listadas todas as possíveis formas de falhas, suas causas e os efeitos que elas possam trazer. Permite ainda classificar o risco.	Requer uma equipe especializada na atividade, operação ou processo em análise.
HAZOP - Análise de Operabilidade de Perigos	Permite investigar, de forma minuciosa e metódica, cada segmento de um processo, visando descobrir todos os possíveis desvios das condições normais de operação, identificando as causas responsáveis por tais desvios e as respectivas consequências.	Não dispõe de recursos para a classificação do risco e consequentemente, não oferece ferramentas para a priorização das ações preventivas.
AAE - Análise de Árvore de Eventos	Oferece recursos para que, partindo-se de um evento topo seja possível identificar as combinações de fatores (eventos) e suas possíveis consequências, até chegar ao resultado (cenários).	Não oferece recursos para a classificação do risco, dificultando a priorização da adoção de controles.
HAZOP - Análise de Operabilidade de Perigos	Permite investigar, de forma minuciosa e metódica, cada segmento de um processo, visando descobrir todos os possíveis desvios das condições normais de operação, identificando as causas responsáveis por tais desvios e as respectivas consequências.	Não dispõe de recursos para a classificação do risco e consequentemente, não oferece ferramentas para a priorização das ações preventivas.
AAE - Análise de Árvore de Eventos	Oferece recursos para que, partindo-se de um evento topo seja possível identificar as combinações de fatores (eventos) e suas possíveis consequências, até chegar ao resultado (cenários).	Não oferece recursos para a classificação do risco, dificultando a priorização da adoção de controles.
AFF - Análise de Árvore de Falhas	Permite a partir de um evento indesejado (Ex.: acidente ambiental) chamado de evento topo, identificar os fatores que contribuam para a sua ocorrência através da lógica de Boole, chegando a definição das causas imediatas e básicas (raízes)	Não oferece recursos para a classificação do risco, dificultando a priorização da adoção de controles.
AQR - Análise Quantitativa de Riscos	Parte do levantamento dos possíveis perigos, sua probabilidade e consequências, permitindo a quantificação dos riscos através da comparação a critérios predefinidos.	Necessita de um grande volume de dados para estar baseado em premissas consistentes, fazendo o uso de avançadas técnicas de análise, podendo utilizar ferramentas de software sempre que necessário.

5. CONCLUSÕES

A avaliação das metodologias de Análise de Riscos Ambientais utilizadas nos EAR para a implantação de empreendimentos das indústrias petroquímicas estudadas demonstra que é de fundamental importância o conhecimento de todos os modos em que os sistemas, atividades ou operações podem falhar, bem como identificar quais seriam as causas que provocariam essas falhas, tendo em vista que os cenários acidentais identificados nos EAR e suas consequências catastróficas são provenientes de falhas operacionais ou de procedimentos.

O estudo realizado também conclui que para uma eficaz prevenção de contaminação ambiental por produtos derivados do petróleo é necessário estabelecer procedimentos para detectar as falhas e propor ações que permitam a identificação imediata ou a curtíssimo prazo do início dessas falhas, visando reduzir a magnitude (severidade) dos danos ambientais.

Os termos de referência emitidos pela agência ambiental para a elaboração dos Estudos de Análise de Riscos dos empreendimentos da Indústria Petroquímica apenas determinam a necessidade de identificação e avaliação dos riscos, sem especificar a metodologia mais adequada a ser utilizada em função do potencial de danos ambientais que a atividade fim poderá gerar, deixando a cargo do empreendedor a escolha da técnica que irá atender melhor os seus interesses, e consequentemente, aumentando a vulnerabilidade dos ecossistemas aos impactos negativos que possam ser gerados diante de acidentes ambientais.

Visando a redução da probabilidade desses danos, os órgãos ambientais devem especificar as metodologias a serem adotadas nos EARs.

Apesar da metodologia de APP ter sido utilizada nos EARs em uma das indústrias petroquímicas estudadas e pela refinaria de petróleo, o seu emprego isolado não oferece todas as informações necessárias à identificação das falhas e adoção de medidas preventivas eficazes para evitar a ocorrência de acidentes ambientais, porém se aliadas a outras metodologias que permitam o estudo mais aprofundado das causas básicas ou raízes dos perigos/falhas, atenderá aos requisitos necessários a um eficaz Programa de Gerenciamento de Riscos.

Os resultados apontaram que entre as metodologias levantadas, a FMEA - Análise de Modos e Efeitos de Falhas é a técnica mais eficaz a ser adotada em conjunto com a Análise Preliminar de Riscos, as quais permitem obter a classificação do risco e com isso, a priorização dos recursos a serem adotados para a prevenção de acidentes ambientais.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, *Relatório de Gestão*, ANP, Rio de Janeiro, 2011.
2. PIRES. Estudo de Impacto Ambiental. Recife, 2006.
3. CONAMA, Resoluções CONAMA 1984-2008, 4 ed. Brasília, 2008.
4. OLIVEIRA, Maria Marly. Como Fazer projetos, relatórios, monografias, dissertações e teses. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.
5. OLIVEIRA, Ualison R., Tomadas de decisão em flexibilidade de manufatura para gerenciamento de riscos operacionais no processo produtivo industrial. São Paulo: Blucher Acadêmico, 2010.
6. BRITO, Anderson J. M. Avaliação multicritério de riscos em gasodutos de gás natural: Uma abordagem de classificação com o Electre Tri. Recife: UFPE, 2007.
7. CALIXTO, E. Uma metodologia para gerenciamento de risco em empreendimentos: Um estudo de caso na Indústria do Petróleo. Anais do XXVI ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Fortaleza, 2006.
8. CETESB. Manual de Orientação para a Elaboração de Estudos de Análise de Riscos. São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://www.msgas.com.br>>. Acesso em 20 ago.2011.
9. POFFO, I. R. F. Plano de área. São Paulo, 2010.
10. COMPANHIA PERNAMBUCANA DE MEIO AMBIENTE. Manual de Diretrizes Para Avaliação de Impactos Ambientais. 2ª. ed. rev. Atual. Recife: CPRH/GTZ. 1998. p.296
11. Manual de Análises de Riscos Industriais. FEPAM. São Paulo, 2001.
12. SERPA R. R. Gerenciamento de Riscos Ambientais. Paraná, 2007.

13. MEIRELES, M. Ferramentas Administrativas para Identificar, Observar e Analisar Problemas. Arte & Ciências. São Paulo, 2001.
14. MELLO, C. C. A, ACSELRAD, H. Conflito social e risco ambiental: o caso de um vazamento de óleo na Baía de Guanabara. Rio de Janeiro, 2002.
15. MARTINS, M. R., NATACCI, F. B. Metodologia para análise preliminar de riscos de um navio de transporte de gás natural comprimido. São Paulo, 2009.
16. AMORIM, E. L. C. Avaliação de impactos ambientais: conceitos, estudo de impacto ambiental e relatório de impacto sobre o meio ambiente. Alagoas, 2010.
17. BRITO, L. L. A. Planos de Emergência Individual. Rio de Janeiro, 2008