



Universidade Federal do Rio de Janeiro
Escola Politécnica & Escola de Química
Programa de Engenharia Ambiental

Paula Dias Silveira

UMA ESTIMATIVA DO INCREMENTO NO RISCO SOCIAL PERANTE O
CRESCIMENTO POPULACIONAL DESORDENADO NO ENTORNO DAS REFINARIAS
AO LONGO DOS ANOS, UMA BASE PARA A ADOÇÃO DE MEDIDAS DE CONTROLE

Rio de Janeiro
2012



UFRJ

Paula Dias Silveira

UMA ESTIMATIVA DO INCREMENTO NO RISCO SOCIAL PERANTE O
CRESCIMENTO POPULACIONAL DESORDENADO NO ENTORNO DAS REFINARIAS
AO LONGO DOS ANOS, UMA BASE PARA A ADOÇÃO DE MEDIDAS DE CONTROLE

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica & Escola de Química, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientador: Assed Naked Haddad, Prof. D.Sc.

Rio de Janeiro
2012

Silveira, Paula Dias.

Uma estimativa do incremento no risco social perante o crescimento populacional desordenado no entorno das refinarias ao longo dos anos, uma base para a adoção de medidas de controle / Paula Dias Silveira – 2012.

87 f.: il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica e Escola de Química, Programa de Engenharia Ambiental, Rio de Janeiro, 2012.

Orientador: Assed Naked Haddad

1. Risco Social. 2. Refinaria. 3. Crescimento populacional. 4. Entorno. I. Haddad, Assed Naked. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Escola Politécnica e Escola de Química. III. Mestrado.



UFRJ

UMA ESTIMATIVA DO INCREMENTO NO RISCO SOCIAL PERANTE O
CRESCIMENTO POPULACIONAL DESORDENADO NO ENTORNO DAS REFINARIAS
AO LONGO DOS ANOS, UMA BASE PARA A ADOÇÃO DE MEDIDAS DE CONTROLE

Paula Dias Silveira

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica & Escola de Química, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientador: Assed Naked Haddad, Prof. D.Sc.

Aprovada pela Banca:

Presidente, Prof. Assed Naked Haddad, D.Sc, UFRJ

Rio de Janeiro
2012

Dedico essa dissertação à minha irmã que apesar de mais nova é sempre um grande exemplo de dedicação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu marido pelos dias e horas em que estive ausente, a minha irmã que é sempre uma referência de dedicação e amizade, aos meus pais e avó pelo apoio de sempre. Agradeço também a empresa em que trabalho, DNV, pelo estímulo ao desenvolvimento acadêmico e profissional, em especial a minha gerente Mariana Bardy pelo carinho, atenção e apoio incondicional. Um muito obrigado a minha colega de trabalho e amiga Marcela Pires por compartilhar do desafio de se tornar Mestre, com certeza ficou mais fácil com você ao meu lado. Ao Henri, Gustavo, João, Manuel e Thomaz, amigos que conheci nesta jornada e que ficarão guardados com muito carinho em minha lembrança pelo companheirismo e amizade conquistados em tão pouco tempo. Finalmente ao meu orientador Assed Haddad por me mostrar o caminho certo na busca pelo resultado e por toda a dedicação.

“Negócios que se utilizam da informação de perigo e risco para se planejar, se desenvolver e se manter estável possuem uma maior probabilidade de manter o sucesso por um longo prazo.” (CCPS, 2007)

RESUMO

Silveira, Paula Dias. Uma estimativa do incremento no risco social perante o crescimento populacional desordenado no entorno das refinarias ao longo dos anos, uma base para a adoção de medidas de controle. Rio de Janeiro, 2012. Dissertação (Mestrado) – Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica e Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

No Brasil os órgãos governamentais foram motivados a requisitar estudos de riscos e implantação de sistemas de gerenciamento de riscos às indústrias que utilizam de produtos perigosos em seus processos produtivos capazes de causar danos às pessoas e ao meio ambiente. Os efeitos dessas indústrias de grande escala foram sentidos pelo meio ambiente rapidamente com a ocorrência de poluição e descarte de rejeitos industriais, o que desencadeou uma preocupação na população e governo, o que pressionou a indústria, além de desenvolver sistemas instrumentados sofisticados para aumentar a segurança de suas unidades, a avaliar os efeitos de suas operações às pessoas e ao meio ambiente. Apesar da conscientização por parte do governo e dos empreendedores com a prevenção de grandes acidentes, aliado ao aumento da atividade industrial, surge uma preocupação com o crescimento populacional desordenado no entorno de indústrias químicas. Este estudo visa obter resultados que representem o comportamento do Risco social em função do crescimento populacional no entorno de uma refinaria através do uso do programa PHAST RISK 6.7 da DNV e metodologia consagrada de análise de riscos. Os resultados são apresentados graficamente em forma de curvas F-N, para diferentes grupos de pessoas locados a diferentes distâncias de uma determinada unidade da refinaria. Este estudo viabiliza a identificação do incremento no risco social das refinarias, devido ao acúmulo de pessoas ao seu redor, sem que

seja necessária a realização de uma constante atualização da análise de risco quantitativa, até que esta seja revisada conforme requisito do órgão ambiental. Em posse desses dados as refinarias terão subsídio para a tomada de decisão no processo de gerenciamento de riscos com base no critério de aceitabilidade adotado antevendo a necessidade de adoção de medidas preventivas e mitigadoras para manter o risco tolerável, possibilitando ainda uma resposta rápida ao crescimento populacional, independentemente da atualização dos estudos de análise quantitativa de riscos de tempos em tempos conforme imposto pelo órgão ambiental.

Palavras-chave: 1. Refinaria. 2. Risco Social. 3. Crescimento Populacional. 4. Curva FN.

ABSTRACT

Silveira, Paula Dias. Uma estimativa do incremento no risco social perante o crescimento populacional desordenado no entorno das refinarias ao longo dos anos, uma base para a adoção de medidas de controle. Rio de Janeiro, 2012. Dissertação (Mestrado) – Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica e Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

The governmental agencies in Brazil were motivated to request risk analysis studies and implementation of risk management systems to industries that use hazardous substances in their production processes with potential to cause damage to people and to environment. The effects of those high scale industries were felt rapidly by the environment by means of pollution and discharge of industrial wastes, which triggered a worry for population and govern forcing industry to, besides of development of sophisticated instrumented systems to increase the safety of their units, evaluate the effects of their operations to people and environment. Despite of awareness of govern and stakeholders regarding the prevention of major accidents, associated with industrial activity increase, arises a concern about the disordered population growth around the chemical industries sites. This study aim to provide results that represent the behavior of Societal Risk related to population growth around the chemical industries sites by using the program PHAST RISK 6.7 from DNV and risk analysis recognized methodology. The results are presented graphically in terms of F-N curves for different groups of people located at different distances from a refinery unit. This study make possible the identification of societal risk increment for refineries, because of population growth around it, without the need of a constant update of their quantitative risk analysis, until the request from governmental agency. With these results the refinery stakeholders will have subsidy

for decision-making in the management process based on the acceptability criteria adopted foreseeing the necessity to adopt additional control and preventive measures to keep the risk within the tolerable limit, making possible a fast response to the population growth independently of the quantitative risk analysis study update from times to times as requested by the environmental agency.

Kew-words: 1 Refinery. 2. Societal Risk. 3. Population Growth. 4. FN Curve.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2-1 – O Processo de Gerenciamento de Riscos (Høj and Kröger, 2002 apud Suddle, 2009).....	25
Figura 2-2 – Exemplo de Curva F-N.....	29
Figura 2-3 – Critério ALARP do HSE. Fonte: HSE, 2001.....	32
Figura 2-4 - Critério de Curva FN da Holanda. Fonte: Less, 1996.....	33
Figura 2-5 - Critério de Curva FN do ACDS. Fonte: Less, 1996.....	33
Figura 2-6 - Critério de Curva FN de Hong Kong. Fonte: EPD, 2011.....	34
Figura 2-7 - Critério de Curva FN do IBAMA. Fonte: IBAMA, 2007.	35
Figura 2-8 - Critério de Curva FN do INEA. Fonte: INEA, 2007.	35
Figura 2-9 - Critério de Curva FN da CETESB. Fonte: CETESB, 2003.....	36
Figura 2-10 - Critério de Curva FN da FEPAM. Fonte: FEPAM, 2001.....	36
Figura 3-1 - As refinarias da Petrobras no Brasil. Fonte: CLICKMACAE.	38
Figura 3-2– Vista superior da REGAP em Betim (MG). Fonte: GOOGLE EARTH....	40
Figura 3-3– Vista em perspectiva da REGAP em Betim (MG). Fonte: GOOGLE EARTH.....	40
Figura 3-4– Vista superior da REPLAN em Paulínia (SP). Fonte: GOOGLE EARTH.....	41
Figura 3-5– Vista em perspectiva da REPLAN em Paulínia (SP). Fonte: GOOGLE EARTH.....	41
Figura 3-6– Vista superior da REDUC em Duque de Caxias (RJ). Fonte: GOOGLE EARTH.....	42
Figura 3-7– Vista em perspectiva da REDUC em Duque de Caxias (RJ). Fonte: GOOGLE EARTH.....	42

Figura 3-8– Vista superior da REFAP em Canoas (RS). Fonte: GOOGLE EARTH. .43	43
Figura 3-9 - Vista em perspectiva da REFAP em Canoas (RS). Fonte: GOOGLE EARTH.....43	43
Figura 3-10 – Crescimento populacional de Betim (MG). Fonte: IPEA, 2012.46	46
Figura 3-11– Comparativo do crescimento populacional de Betim e Belo Horizonte. Fonte: IPEA, 2012.....46	46
Figura 3-12– Crescimento populacional de Paulínia (SP). Fonte: IPEA, 2012.....47	47
Figura 3-13 – Comparativo do crescimento populacional de Paulínia e São Paulo. Fonte: IPEA, 2012.....47	47
Figura 3-14 – Crescimento populacional de Duque de Caxias (RJ). Fonte: IPEA, 2012.....48	48
Figura 3-15 – Comparativo do crescimento populacional de Duque de Caxias e Rio de Janeiro. Fonte: IPEA, 2012.49	49
Figura 3-16 – Crescimento populacional de Canoas (RS). Fonte: IPEA, 2012..50	50
Figura 3-17 – Comparativo do crescimento populacional de Canoas e Porto Alegre. Fonte: IPEA (2012).....50	50
Figura 4-1 - Arranjo utilizado como base para o cálculo do risco social.....57	57
Figura 4-2 - Exemplo de resultado esperado para as curvas de risco social58	58
Figura 4-3 - Unidade de Destilação – Curva FN para 100m. Fonte: Phast Risk 6.7. 60	60
Figura 4-4 - Unidade de Destilação – Curva FN para 200m. Fonte: Phast Risk 6.7. 60	60
Figura 4-5 - Unidade de Destilação – Curva FN para 300m. Fonte: Phast Risk 6.7.61	61
Figura 4-6 - Unidade de Destilação – Curva FN para 400m. Fonte: Phast Risk 6.7. 61	61
Figura 4-7- Unidade de Destilação – Curva FN para 500m. Fonte: Phast Risk 6.7. .62	62
Figura 4-8 - Unidade de Destilação – Curva FN para 600m. Fonte: Phast Risk 6.7.62	62

Figura 4-9 - Unidade de Destilação – Curva FN para 700m. Fonte: Phast Risk 6.7.	63
Figura 4-10 - Unidade de Hidrotratamento – Curva FN para 100m. Fonte: Phast Risk 6.7.	63
Figura 4-11- Unidade de Hidrotratamento – Curva FN para 200m. Fonte: Phast Risk 6.7.	64
Figura 4-12 - Unidade de Hidrotratamento – Curva FN para 300m. Fonte: Phast Risk 6.7.	64
Figura 4-13- Unidade de Hidrotratamento – Curva FN para 400m. Fonte: Phast Risk 6.7.	65
Figura 4-14 - Unidade de Geração de Hidrogênio – Curva FN para 100m. Fonte: Phast Risk 6.7.	66
Figura 4-15 - Unidade de Geração de Hidrogênio – Curva FN para 200m. Fonte: Phast Risk 6.7.	66
Figura 4-16 - Unidade de Geração de Hidrogênio – Curva FN para 300m. Fonte: Phast Risk 6.7.	67
Figura 4-17 - Unidade de Geração de Hidrogênio – Curva FN para 400m. Fonte: Phast Risk 6.7.	67
Figura 4-18 - Unidade de Geração de Hidrogênio – Curva FN para 500m. Fonte: Phast Risk 6.7.	68
Figura 4-19 - Unidade de Geração de Hidrogênio – Curva FN para 600m. Fonte: Phast Risk 6.7.	68
Figura 4-20 - Unidade de Geração de Hidrogênio – Curva FN para 700m. Fonte: Phast Risk 6.7.	69

Figura 4-21 - Unidade de Reforma Catalítica – Curva FN para 100m. Fonte: Phast Risk 6.7.	70
Figura 4-22 - Unidade de Reforma Catalítica – Curva FN para 200m. Fonte: Phast Risk 6.7.	70
Figura 4-23 - Unidade de Reforma Catalítica – Curva FN para 300m. Fonte: Phast Risk 6.7.	71
Figura 4-24 - Unidade de Reforma Catalítica – Curva FN para 400m. Fonte: Phast Risk 6.7.	71
Figura 4-25 - Unidade de Reforma Catalítica – Curva FN para 500m. Fonte: Phast Risk 6.7.	72
Figura 4-26 - Unidade de Reforma Catalítica – Curva FN para 600m. Fonte: Phast Risk 6.7.	72
Figura 4-27 - Unidade de Reforma Catalítica – Curva FN para 700m. Fonte: Phast Risk 6.7.	73
Figura 4-28 - Unidade de Reforma Catalítica – Curva FN para 800m. Fonte: Phast Risk 6.7.	73
Figura 4-29 – Parque de Esferas – Curva FN para 100m. Fonte: Phast Risk 6.7.	74
Figura 4-30 - Parque de Esferas – Curva FN para 200m. Fonte: Phast Risk 6.7.	74
Figura 4-31 - Parque de Esferas – Curva FN para 300m. Fonte: Phast Risk 6.7.	75
Figura 4-32 - Parque de Esferas – Curva FN para 400m. Fonte: Phast Risk 6.7.	75
Figura 4-33 - Parque de Esferas – Curva FN para 500m. Fonte: Phast Risk 6.7.	76
Figura 4-34 - Parque de Esferas – Curva FN para 600m. Fonte: Phast Risk 6.7.	76
Figura 4-35 - Parque de Esferas – Curva FN para 700m. Fonte: Phast Risk 6.7.	77
Figura 4-36 - Parque de Esferas – Curva FN para 800m. Fonte: Phast Risk 6.7.	77

Figura 4-37 - Parque de Esferas – Curva FN para 900m. Fonte: Phast Risk 6.7.....	78
Figura 4-38 - Parque de Esferas – Curva FN para 1000m. Fonte: Phast Risk 6.7....	78
Figura 4-39 – Exemplo de População próxima a uma Refinaria	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 3-1 - Características das Refinarias sob Administração Pública no Brasil.

Fonte: WIKIPEDIA.Refino e SZKLO, A. S. (2005).....38

Tabela 4-1 - Número de cenários simulados por unidade e os produtos perigosos

modelados.....53

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	Apresentação.....	18
1.2	Relevância	20
1.3	Objetivo.....	22
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	23
2.1	Análise e Gerenciamento de Riscos	23
2.2	Análise Quantitativa de Riscos e Indicadores de Risco	26
2.2.1	Risco Social.....	27
2.3	CrITÉrios de Aceitabilidade	29
3	REFINARIAS NO BRASIL E MIGRAÇÃO PARA SUA REGIÃO	37
3.1	Refinarias no Brasil.....	37
3.2	Migração Populacional para Áreas de Refinarias no Brasil	44
4	CÁLCULO DO RISCO SOCIAL	51
4.1	Seleção dos Cenários.....	52
4.2	Cálculo das Frequências dos Cenários	54
4.3	Cálculo das Consequências dos Cenários	55
4.4	Apresentação do Arranjo para Análise dos Riscos	57
4.5	Resultados do Risco Social e Comparação com o Critério de Aceitabilidade ..	59
5	EXEMPLIFICAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DOS GRÁFICOS DE RISCO SOCIAL NA REALIDADE DE UMA REFINARIA	78
6	CONCLUSÃO	81
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	84

1 INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação

O crescimento industrial trás, além de benefícios para a economia nacional, uma preocupação embutida em seu desenvolvimento, principalmente quando se trata de indústrias químicas e petroquímicas as quais lidam com produtos de potencial de dano significativo.

Less, 1996 cita que nos anos 60 foi verificado o início de desenvolvimento que resultou em grandes mudanças nas indústrias químicas e petroquímicas, quando as condições operacionais das plantas de processo, tais como temperatura e pressão se tornaram mais severas e conseqüentemente a energia armazenada no processo aumentou o que representava um grande perigo. Ao mesmo tempo as plantas industriais cresciam em tamanho e logo a operação se tornava relativamente difícil quando comparado com as indústrias anteriores a esta época quando o *start-up* e o *shutdown* dessas plantas menores eram mais simples. Os efeitos dessas indústrias de grande escala foram sentidos pelo meio ambiente rapidamente com a ocorrência de poluição e descarte de rejeitos industriais, o que desencadeou uma preocupação na população e governo, o que pressionou a indústria, além de desenvolver sistemas instrumentados sofisticados para aumentar a segurança de suas unidades, a avaliar os efeitos de suas operações às pessoas e ao meio ambiente.

No Brasil os órgãos governamentais foram motivados a requisitar estudos de riscos e implantação de sistemas de gerenciamento de riscos às indústrias que utilizam de produtos químicos, inflamáveis, tóxicos ou corrosivos em seus processos produtivos capazes de causar danos às pessoas e ao meio ambiente no entorno de suas instalações. Esta motivação se deu nas décadas de 70 e 80 com a ocorrência de grandes acidentes em indústrias químicas e petroquímicas.

Segundo CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo), um dos acidentes de maior relevância já registrados ocorreu em Cubatão, São Paulo, em 1984, quando um duto da PETROBRAS de transporte de gasolina vazou e foi ignitado causando um incêndio de grandes proporções ocasionando a morte de 93 pessoas. Em decorrência desse e de outros constantes acidentes, e com a publicação da Resolução nº 1, de 23/01/1986, do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), a CETESB, que já atuava de forma corretiva, passou a

incorporar os estudos de análise de riscos no processo de licenciamento ambiental, visando a prevenção de grandes acidentes.

Tal preocupação fica evidenciada também através do documento emitido pela FUNDACENTRO e Ministério do Trabalho e Emprego em 2002 o qual transcreve a publicação da Organização Internacional do Trabalho (OIT) sob o título: *Prevention of Major Industrial Accidents*, aprovado pelo Conselho da Administração da OIT em sua 248ª reunião, em novembro de 1990. Este documento menciona que “A possibilidade de acidentes industriais maiores, hoje mais significativa com o aumento da produção, armazenamento e utilização de substâncias perigosas, põe em evidência a necessidade de um enfoque sistemático e bem definido do controle dessas substâncias para a proteção dos trabalhadores, do público e do meio ambiente”. Vale apenas ressaltar ainda que este documento se refere a nove anos atrás, ou seja, muitas mudanças econômicas ocorreram no Brasil incentivando o desenvolvimento industrial, logo, este tema se torna ainda mais relevante nos dias de hoje.

Apesar da conscientização por parte do governo e dos empreendedores com a prevenção de grandes acidentes, aliada ao aumento da atividade industrial, surge também ao longo das décadas uma preocupação com o crescimento populacional desordenado no entorno de indústrias químicas. Essa migração se dá por uma necessidade econômica das famílias brasileiras carentes, que são atraídas por uma possibilidade de sustento usufruindo do crescimento econômico gerado por estes empreendimentos. Esses grupos migratórios, principalmente por serem em sua grande maioria de baixa renda não possuem informação suficiente que os permitam identificar o grau de risco a que estão sendo expostos, colocando suas vidas em perigo ao se instalarem no entorno das indústrias químicas e petroquímicas.

Freitas *et al*, já no ano de 2000, afirma que uma das mais importantes decorrências do deslocamento de um imenso contingente populacional do campo para os novos polos industriais á procura de possibilidades de trabalho foi a proliferação de residências de baixa renda nas proximidades de unidades químicas com alto potencial de risco, ampliando a vulnerabilidade social destas áreas. Ou seja, a migração de famílias em busca de uma oportunidade de negócio e ganho de capital se dá em taxas cada vez maiores para os grandes centros e no entorno das

indústrias químicas e petroquímicas, dificultando o gerenciamento dos riscos impostos a estes.

No entanto, segundo Demajorovic, 2006 o processo de industrialização é indissociável do processo de produção de riscos, uma vez que uma das principais consequências do desenvolvimento científico industrial é a exposição da humanidade a riscos e a inúmeras modalidades de contaminação nunca observadas anteriormente, constituindo-se em ameaças para os habitantes do planeta e para o meio ambiente. Logo, medidas devem ser adotadas para identificar precocemente os riscos impostos às populações, medidas preventivas para suas ocorrências e medidas de controle de suas consequências.

Segundo Porto e Freitas, 2000 o conflito entre desenvolvimento industrial, a geração de riscos e sua distribuição pela população constitui-se num tema de grande importância para diversos campos do conhecimento, inclusive para a demografia, já que as características da ocupação do solo em áreas de risco pode influenciar na gravidade de possíveis acidentes. Em países como o Brasil, tais riscos tendem a ser agravados por um modelo de desenvolvimento marcado pela inequidade que fragiliza determinados grupos populacionais, como trabalhadores e comunidades pobres ao redor de áreas de risco.

Frente a falta de instrução da população quanto aos riscos a que se expõem e principalmente a falta de perspectiva de que um dia haja tal consciência, só resta às empresas adotarem uma postura preventiva que possibilite reduzir ou mitigar os riscos impostos por suas operações. Visando ajudar as empresas neste contexto, o resultado deste estudo pode servir como ferramenta para que as indústrias sejam capazes de estimar o incremento no risco e determinar se este ainda encontra-se dentro dos limites de aceitabilidade, levando em conta um critério de tolerabilidade de riscos impostos pelo órgão ambiental competente, e com estes dados identificar a necessidade de adoção de medidas preventivas e mitigadoras visando manter o risco tolerável, independentemente da atualização dos estudos de análise quantitativa de riscos, que se dá de cinco em cinco anos.

1.2 Relevância

Este projeto justifica-se principalmente pelo crescimento industrial no Brasil nos últimos anos e na perspectiva futura de novas refinarias frente a grande produção

petrolífera do país representada principalmente pela PETROBRAS, empresa que está no ranking das maiores petrolíferas de capital aberto do mundo e, em valor de mercado, foi eleita a quarta maior do mundo no ano de 2010.

Em entrevista do presidente da PETROBRAS ao site Gazeta Online da Globo.com em 21/02/2011, o mesmo afirmou que a capacidade de refino no Brasil está chegando ao seu limite, sendo que as refinarias existentes no País operam já com 90% de sua capacidade instalada. Segundo ele, o país está "no limite do refino" e há um crescimento exponencial na produção de petróleo. Hoje a PETROBRAS conta com 11 refinarias em funcionamento no país, mas sua capacidade de produção de combustíveis (1,9 milhão de barris diários) é inferior ao volume de petróleo que extrai (2 milhões de barris diários). Ainda segundo o presidente da empresa, as previsões indicam que a PETROBRAS produzirá em 2020 cerca de 3,9 milhões de barris de petróleo diários, mas sua capacidade de refino, incluindo as novas fábricas, se limitará a 3,2 milhões de barris. Para atender à crescente demanda, a PETROBRAS está construindo três refinarias no Rio de Janeiro, Maranhão e Pernambuco, e tem projetadas outras duas no Ceará e Rio Grande do Norte.

Esses fatos demonstram a importância dos estudos de análise de riscos uma vez que tais empreendimentos, mesmo que instalados em regiões distantes dos grandes centros, movimentam economicamente seus arredores e atraem a população mais carente em busca de fontes de renda alternativas. A migração da população para as regiões próximas a essas unidades acrescenta às empresas uma preocupação maior, a exposição das vidas ao risco imposto por suas operações.

Além desses fatos, foi constatado um número deficiente de estudos sobre o tema principalmente no que tange a análise de riscos, ou seja, não foi encontrado estudo com o enfoque proposto. Este estudo viabiliza a identificação do incremento no risco social das indústrias que utilizam em seus processos produtos químicos danosos a saúde, devido ao acúmulo de pessoas ao seu redor, sem que seja necessária a realização de uma constante atualização da análise de risco quantitativa, até que esta seja revisada conforme requisito do órgão ambiental. Em posse desses dados as indústrias terão subsídio para a tomada de decisão no processo de gerenciamento de riscos com base no critério de aceitabilidade adotado utilizando-se de medidas preventivas e mitigadoras.

1.3 Objetivo

Este estudo visa obter resultados gráficos que representem o comportamento do Risco social em função do crescimento populacional desordenado no entorno de uma refinaria. Os cálculos de risco terão como base dados reais de uma refinaria no Brasil e seus principais cenários, ou seja, aqueles que apresentam substâncias perigosas em seu processo e, conseqüentemente, quando da ocorrência de acidentes possuem potencial para causar grandes danos a sociedade.

Estes resultados poderão embasar as indústrias na tomada de decisão no gerenciamento do quantitativo populacional, podendo desta forma adotar medidas preventivas ou mitigadoras, que impeçam o crescimento desordenado no entorno de suas instalações, levando em conta o critério de aceitabilidade de riscos imposto pelo órgão ambiental e/ou política da empresa antes mesmo da realização de análises de risco completas, permitindo ações preventivas tal como a compra de terras ao redor da área a ser construída evitando o acúmulo de população quando da instalação da indústria.

Lembrando que a utilização de ferramentas de análise de risco reduz a chance de empresas aplicarem grandes esforços em gerenciar atividades de baixo risco e em contra partida favorecem o direcionamento adequado de recursos para gerenciar atividades com grande potencial de risco (CCPS, 2007).

Vale ressaltar que este estudo não reduz a importância da realização ou revisão das análises quantitativas de risco das unidades de processo servindo apenas como uma ferramenta para uma estimativa aproximada de incremento de risco, Lembrando que a análise quantitativa de riscos de cada empresa é específica para seu processo e condições de segurança a qual conta com dados e cenários específicos da mesma sendo uma representação da sua realidade.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Alguns conceitos devem ser conhecidos visando o correto entendimento das técnicas e fundamentos utilizados nesta dissertação. Este item apresenta alguns conceitos sobre Risco e Gerenciamento de Riscos e sua importância dentro do conceito de segurança de processo, apresenta também a metodologia de Análise Quantitativa de Riscos e quais os indicadores mais utilizados na indústria e por último descreve os principais critérios de aceitabilidade de riscos conhecidos no âmbito nacional e mundial.

2.1 Análise e Gerenciamento de Riscos

A análise de riscos é essencial no processo de tomada de decisão para o gerenciamento dos riscos. A análise e avaliação dos riscos serve de suporte para demonstrar que os perigos com potencial de causar acidentes foram identificados, os riscos avaliados e medidas de controle implementadas na busca pela redução dos riscos para as pessoas com potencial de serem afetadas por estes perigos. É uma ferramenta importante para os produtores, indústrias e outros negócios que necessitam demonstrar a aplicação de esforços suficientes para garantir a segurança de seus empregados e dos produtos por eles produzidos (TRBOJEVIC, 2004 *apud* DUIJNE et al, 2008).

A avaliação de riscos é um processo sistemático para avaliar o impacto, ocorrência e resultados de atividades humanas envolvendo produtos ou sistemas com características perigosas, quando basicamente deve-se responder três questões: “O que pode dar errado?”; “O quão provável é a sua ocorrência e “ Se acontecer, qual são suas consequências?” (KAPLAN AND GARRICK, 1981 *apud* DUIJNE et al, 2008).

Organizações que entendem perigo e risco são capazes de alocar recursos de maneira mais efetiva. A experiência na indústria demonstrou que negócios que se utilizam da informação de perigo e risco para se planejar, se desenvolver e se manter estável possuem uma maior probabilidade de manter o sucesso por um longo prazo, conforme mencionado em CCPS, 2007.

Segundo CCPS, 2007 o perigo é a condição química ou física com potencial de causar danos à pessoa, à propriedade ou ao meio ambiente, se refere ao primeiro

atributo do risco: o que pode dar errado. Já na definição de risco tem-se que o mesmo é a combinação de três fatores: o que pode dar errado, o quanto pode ser ruim e quão frequente pode ser sua ocorrência. Ou seja, o perigo é inerente a um evento e o risco é o desdobramento desse perigo nos efeitos à pessoa, meio ambiente ou instalações.

Confirmando o entendimento acima, o HSE (*Health and Safety Executive*) em 2001 cita em sua publicação “*Reducing Risks, Protecting People*”, a importância de se fazer uma distinção conceitual entre perigo e risco tendo em vista o uso constante desses termos. Segundo o mesmo, o perigo é o potencial de dano advindo de uma propriedade intrínseca de alguma coisa e o risco é a chance de alguém ou alguma coisa de valor ser afetada de alguma forma pelo perigo.

Como prever os perigos e os riscos de uma instalação industrial é a chave para o Gerenciamento de Riscos. Segundo Less, 1996 a identificação dos perigos é importante e representa apenas metade do caminho a ser percorrido para a prevenção de acidentes. Diferentes técnicas foram desenvolvidas para a identificação dos perigos em diversas etapas de um projeto tais como Análise Preliminar de Perigos (APP) e Estudo de Perigos e Operabilidade (HAZOP). Após a identificação os riscos podem ser quantificados através da Análise Quantitativa de Riscos (AQR) utilizando-se de informações probabilísticas e comparados a critérios de tolerabilidade. “A utilização da ferramenta de AQR não produz respostas sobre o que deve ser feito, mas sim aumenta a base de informações disponíveis para apoio na tomada de decisão” (ARENDR e LORENZO, 2000).

Neste contexto o Gerenciamento de Riscos surge naturalmente da necessidade das indústrias em minimizar as chances de ocorrência de um acidente catastrófico e de alocar recursos para isso de forma adequada ao longo dos anos. A utilização de ferramentas de análise de risco reduz a chance de empresas aplicarem grandes esforços em gerenciar atividades de baixo risco e em contra partida favorecem o direcionamento adequado de recursos para gerenciar atividades com grande potencial de risco (CCPS, 2007).

Segundo CCPS, 2007 o gerenciamento de riscos está focado em três aspectos: operação prudente e processos de manutenção, gerenciamento de mudanças desses processos visando garantir que o risco se mantenha tolerável e preparação para respostas a incidentes e seu gerenciamento.

Segundo Suddle, 2004 *apud* Suddle, 2009, o gerenciamento de riscos de um sistema consiste do uso de todas as informações disponíveis para estimar os riscos para indivíduos ou população, propriedade ou meio ambiente, através da identificação dos perigos, comparação com critérios e busca por uma solução otimizada. Do ponto de vista técnico a Análise Quantitativa de Riscos pode prover a base para a tomada de decisão sobre os riscos (BEDFORD e COOKE, 2001 *apud* SUDDLE, 2009). A posição da Análise de Riscos no processo de Gerenciamento de Riscos está ilustrada na Figura 2-1 abaixo. Note que os primeiros três passos da análise de riscos são considerados a parte qualitativa e os últimos três passos formam a parte quantitativa.

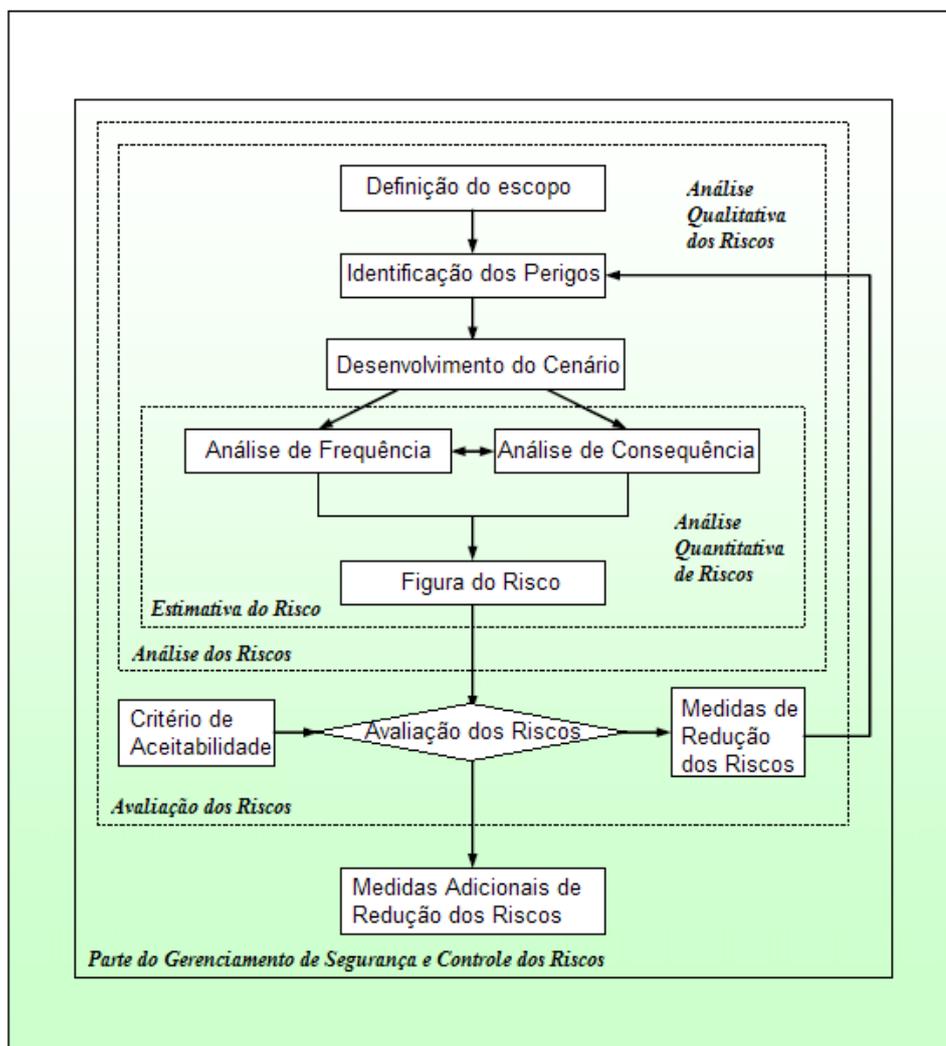


Figura 2-1 – O Processo de Gerenciamento de Riscos (Høj and Kröger, 2002 *apud* Suddle, 2009)

2.2 Análise Quantitativa de Riscos e Indicadores de Risco

Existem diversas razões para se utilizar a Análise Quantitativa de Riscos (AQR), segundo Arendt e Lorenzo, 2000 as duas razões mais comuns são: primeiro, a escolha da AQR por acreditar que esta pode prover um melhor entendimento do risco que irá afetar uma tomada de decisão; e a segunda é que em alguns casos a AQR é requerida legalmente.

Segundo Duijine *et al*, 2008 os métodos para a avaliação dos riscos devem ser o mais preciso possível para diferenciar o nível de risco das várias atividades. Para tal deve-se reduzir as incertezas nas medidas dos índices qualitativos como a severidade e probabilidade de ocorrência. Neste sentido, as técnicas quantitativas ajudam os analistas de riscos a diferenciar a severidade das consequências e os fatores que influenciam a ocorrência de um determinado cenário acidental, melhorando a transparência na avaliação dos riscos de processos.

A AQR gera estimativas numéricas da frequência e/ou consequência de eventos indesejados. Alguns exemplos de suas possíveis conclusões são: existe (ou não existe) perigos significativos na planta; existe muita (ou pouca) coisa que pode dar errada e causar um acidente; os efeitos de um acidente podem ser graves (ou não); e a implementação de algumas medidas pode (ou não) aumentar a segurança da instalação (ARENDRT e LORENZO, 2000).

Os riscos podem ser medidos em perdas econômicas, perdas humanas ou danos ambientais. Para este estudo serão consideradas as medidas de risco para as perdas humanas em termo de fatalidades causadas por impactos diretos de acidentes, tais como, incêndio, explosão e vazamento de produtos tóxicos e inflamáveis.

Segundo CCPS, 1989a as diferentes medidas de risco caracterizam diversos pontos de vista do risco e as três expressões do risco mais usadas são os Índices de Risco, o Risco Individual e o Risco Social. Os Índices de Risco são números únicos ou tabulações de números correlacionados com a magnitude do risco, sendo em alguns casos medidas relativas sem unidades específicas. Alguns índices de risco são calculados a partir do Risco Individual e do Risco Social.

Os Riscos Individuais são números únicos ou um grupo de números estimados para diversos indivíduos ou localizações geográficas. Em geral, consideram o risco

para um indivíduo localizado dentro da área vulnerável a um efeito decorrente de um acidente ou vários deles. O tamanho do incidente em termos do número de pessoas afetadas por um evento único não afeta o Risco Individual.

Os Riscos Sociais são números únicos ou gráficos que estimam o risco a um grupo de pessoas localizadas dentro da área vulnerável a um efeito decorrente de um acidente ou vários deles. Sua estimativa inclui a medida do tamanho do incidente em termos do número de pessoas afetadas e algumas vezes refletem a ideia de que as pessoas devem se preocupar mais com os grandes incidentes do que com os pequenos incidentes, e projetar mais esforços no primeiro caso.

Tendo em vista os objetivos deste trabalho, que está associado à migração populacional para as áreas no entorno de refinarias e conseqüentemente a sua exposição ao risco inerente a essa atividade, escolheu-se o uso do Risco Social como o melhor indicador tendo em vista a sua variação frente à quantidade de pessoas expostas.

2.2.1 Risco Social

O risco social é uma medida do risco para o grupo constituído por toda a comunidade exposta aos efeitos do acidente. Relaciona os danos que podem ser causados sobre a comunidade exposta ao efeito e as frequências esperadas dos respectivos eventos (CCPS, 1989a).

O risco social médio é obtido fazendo-se o somatório dos produtos frequência x conseqüências de cada um dos cenários de acidente analisados conforme fórmula apresentada abaixo.

$$\text{Risco Social Médio} = \sum_i \sum_s f_{is} C_{is} \quad (1)$$

onde:

f_{is} = frequência esperada de ocorrência do s-ésima seqüência do i-ésimo evento iniciador de acidente.

C_{is} = conseqüências esperadas do cenário de acidente definido pela s-ésima seqüência do i-ésimo evento iniciador de acidente.

Os riscos sociais são expressos na forma das chamadas "Curvas F N" (Frequência x Número de Fatalidades), também conhecidas como "Curvas de

Distribuição Cumulativa Complementar". Essas curvas fornecem a frequência esperada de acidentes (tipicamente expressa numa base anual) com um número de vítimas maior ou igual a um determinado valor. A grande vantagem dessas curvas é que elas mostram graficamente todo o espectro de riscos da instalação, indicando explicitamente o potencial de acidentes de grande magnitude da instalação analisada.

Os cálculos realizados neste trabalho foram desenvolvidos com o programa PHAST RISK 6.7 da DNV. Este software tem sido designado como uma ferramenta para a avaliação de instalações industriais em geral, sendo útil como ferramenta na redução de risco ou projeto técnico destas instalações. É um software de risco integrado que permite avaliação detalhada dos perigos de substâncias tóxicas ou inflamáveis. Empresas e governos do mundo inteiro têm aceitado o PHAST RISK como o software mais usado em sua categoria no mundo. A utilização desta ferramenta traz confiança tanto para a alta administração da indústria, encarregada de tomar as decisões de riscos, assim como para as agências governamentais que revisam estes estudos.

Para a construção das curvas "F N" como representativa do risco social, o programa, baseado no layout da instalação e numa definição de malha de cálculo para a área da instalação, calcula os riscos por célula da malha de cálculo, para tal, leva em consideração as malhas de distribuição populacional além da distribuição espacial dos possíveis pontos de ignição, ambos definidos pelo usuário, baseado em informações coletadas na própria instalação e vizinhança. Os cálculos são realizados de forma integrada (frequências e consequências) para todos os cenários de acidente gerados a partir de cada um dos eventos iniciadores.

A construção das curvas F-N é feita estabelecendo-se níveis de fatalidade de interesse, por exemplo 1, 5, 10, 20, 30, 40, 50 fatalidades, e em seguida compilando-se os cenários que levam a um número de vítimas fatais maior ou igual a cada um dos valores determinados. Para cada nível de fatalidades, somam-se as frequências dos cenários que igualam ou ultrapassam aquele nível, obtendo-se pares ordenados de frequências versus fatalidades (F x N). Traçando esses pares de valores num gráfico, e unindo-se os pontos, obtém-se a chamada "Curva F N" da unidade em análise.

Através dos gráficos com as curvas FN pode-se verificar se o risco social calculado está de acordo com o risco máximo esperado pelos órgãos ambientais e leis vigentes e através desta informação identificar a necessidade de adoção de medidas adicionais de prevenção ou mitigação para redução dos riscos. Mais detalhes sobre a tolerabilidade dos riscos serão descritos no item a seguir “Critérios de Tolerabilidade”. A Figura 2-2 abaixo apresenta, a título de ilustração, uma curva F x N.

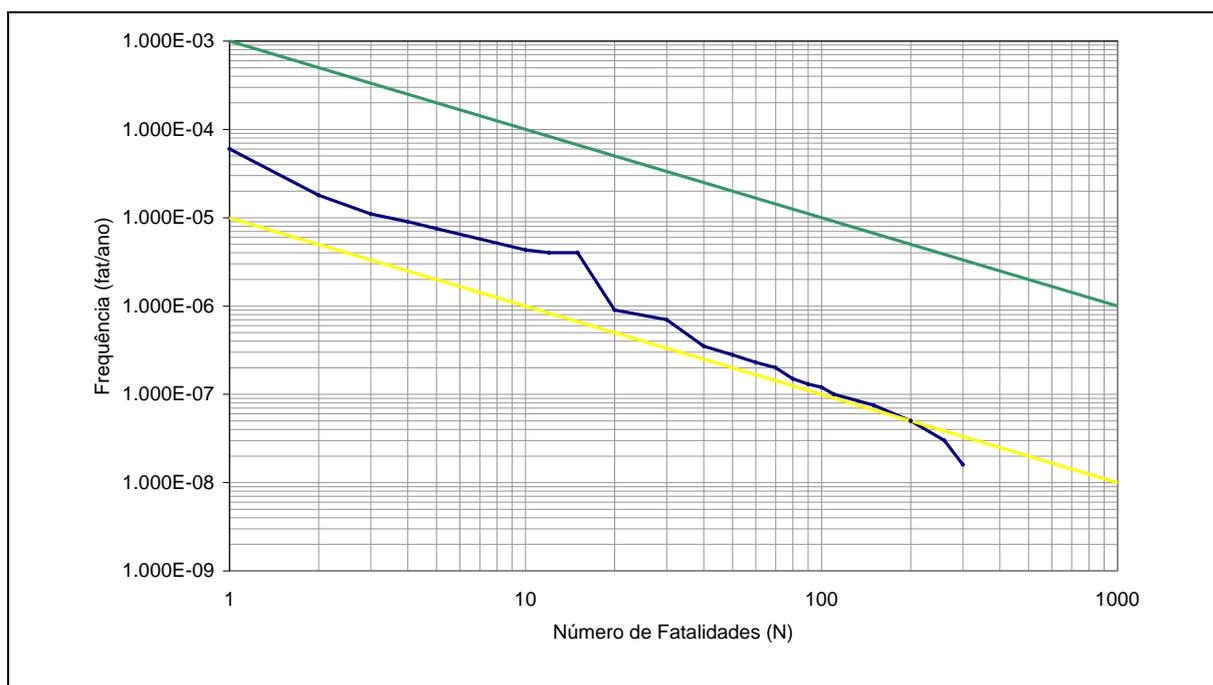


Figura 2-2 – Exemplo de Curva F-N

Através dos gráficos com as curvas FN pode-se verificar se o risco social calculado está de acordo com o risco máximo esperado pelos órgãos ambientais e leis vigentes e através desta informação identificar a necessidade de adoção de medidas adicionais de prevenção ou mitigação para redução dos riscos.

2.3 Critérios de Aceitabilidade

A principal questão na avaliação dos riscos é “O quão seguro é seguro o suficiente?” (FISCHHOFF et al, 1978 *apud* DUIJNE et al, 2008). Esta é parcialmente uma questão moral e cultural uma vez que reflete o que uma sociedade aceita ou tolera como risco. Risco zero ou segurança absoluta não existe porém uma sociedade pode apresentar uma cultura mais ou menos adversa ao risco. (FLOYD et al., 2006 *apud* DUIJNE et al, 2008).

Segundo Crowl e Louvar, 2002 não se pode eliminar o risco completamente. Todo processo químico possui certo risco associado. Em algum ponto do estágio de projeto alguém deve decidir se o risco é “aceitável”. Isto é, os riscos são maiores que os riscos do dia a dia de um indivíduo em seu ambiente não industrial? Certamente isso requereria um esforço significativo e um gasto considerável para desenvolver um projeto com riscos comparáveis ao risco de ser atingido por um raio. Engenheiros devem aplicar esforços para minimizar os riscos dentro de limitações econômicas do processo.

Toas as atividades na vida envolvem risco de uma forma ou de outra e não existe um critério universal acordado sobre qual nível de risco é aceitável, segundo Vanem, 2012. A estratégia mais comum de gerenciar os riscos dentro do interesse público é através da legislação e regulação, embora cada um esteja constantemente gerenciando riscos em suas rotinas diárias voluntariamente, consciente ou inconscientemente.

O critério de aceitabilidade de riscos ajuda na distinção entre o que é “certo” e “errado”, como por exemplo, dividindo entre medidas de controle de riscos que devem ser implementadas obrigatoriamente e aquelas que não precisam ser implementadas (VANEM, 2012).

De forma a avaliar os riscos é necessário se utilizar de um critério de riscos apropriado. Less, 1996 cita alguns exemplos de critérios de risco individual desenvolvidos no mundo. O primeiro exemplo é do *Advisory Committee on Major Hazards* (ACMH). O ACMH em seu primeiro relatório em 1976 estabeleceu que se, por alguma circunstância, as conclusões indiquem com confiança que em uma planta particular um acidente sério é improvável de ocorrer mais vezes que 1 em 10000 anos, este talvez possa ser considerado no limite de aceitabilidade. Já no seu terceiro relatório em 1984 o ACMH determinou uma série de princípios: o risco dos acidentes maiores para um empregado ou indivíduo membro da população não pode ser significativo quando comparado com outros riscos os quais uma pessoa está exposta todos os dias de sua vida; o risco de qualquer acidente maior, quando razoavelmente praticável, deve ser reduzido; quando existe um risco de acidente maior, riscos adicionais não devem ser adicionados ao risco existente; e se o possível dano de um incidente é alto, a frequência de sua ocorrência deve ser reduzida ao menor valor.

O segundo exemplo é o critério do *Health and Safety Executive* (HSE) com base em instalações nucleares. Em seu documento o HSE conclui que, geralmente, o limite de tolerabilidade de riscos ao trabalhador de uma instalação nuclear é 10^{-4} por ano e que para os membros da sociedade o limite deve ser no mínimo de magnitude menor do que para os trabalhadores sendo determinado que o limite de tolerabilidade para o público deve ser de 10^{-4} por ano e o risco aceitável, diferentemente do tolerável, deve ser de 10^{-6} por ano. Este último se equipara ao risco de ser eletrocutado em casa e a centésima parte do risco de morrer em um acidente de carro.

Adicionalmente o HSE menciona o critério *As Low As Reasonably Practicable* (ALARP) o qual determina que os riscos sejam tão baixo quanto praticáveis. Segundo Gadd *et al*, 2004 reduzir os riscos para ALARP significa que se uma medida de redução de riscos é razoavelmente praticável esta deve ser implementada e que os empreendedores devem considerar o que mais pode ser feito para redução de riscos e porque não está sendo feito, ou seja, se é ou não razoavelmente praticável implementar qualquer medida adicional identificada. Para uma medida não ser implementada a desproporção entre o custo e o benefício deve ser estudada (HSE, 2002a,c).

O princípio ALARP determina três níveis de risco caracterizados em três regiões conforme apresentado na Figura 2-3 abaixo. Os níveis são:

- a) Região inaceitável onde medidas de redução de risco são essenciais.
- b) Região intermediária (ALARP), onde medidas de redução de risco são desejáveis, mas podem não ser implementadas se uma análise custo-benefício mostrar que o custo de implementação é desproporcional aos benefícios alcançados. Segundo HSE, 2001c, os riscos nesta região são tipicamente aqueles que as pessoas estão preparadas para tolerar de forma a assegurar alguns benefícios. Dentro desta região quanto maior o nível de risco (para o topo do triângulo) maior o nível de detalhe necessário para demonstrar que o risco é ALARP.
- c) Região amplamente aceitável, onde nenhuma medida de redução de risco é necessária, e sugere que a atividade seria aceitável para a ampla

maioria da população, e a palavra “negligível” é reservada para riscos ainda menores.

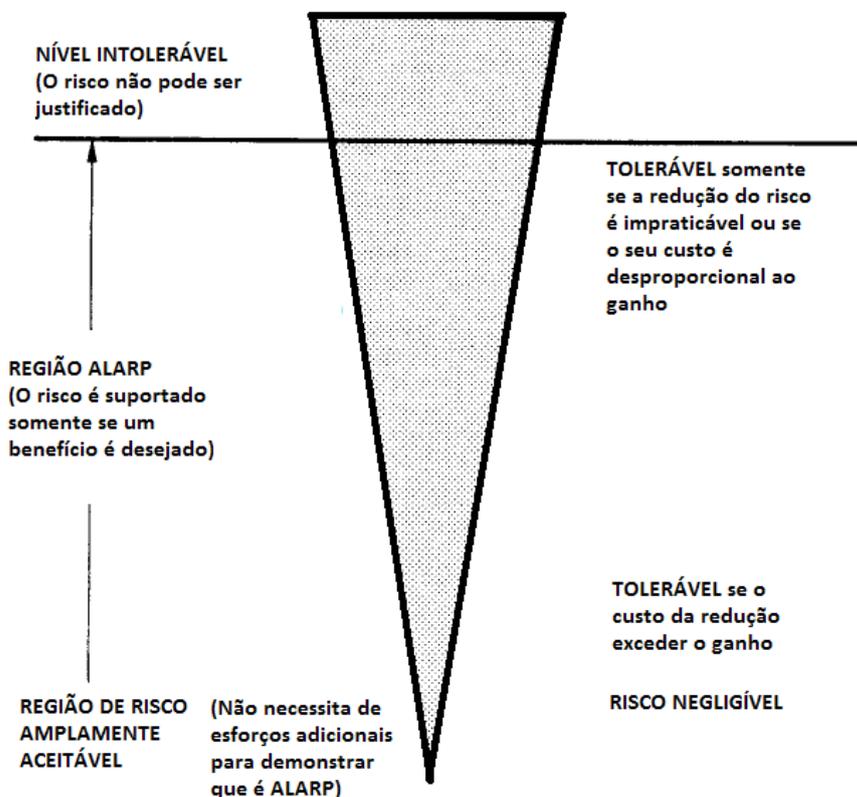


Figura 2-3 – Critério ALARP do HSE. Fonte: HSE, 2001.

Mas qual critério deve ser utilizado para os Riscos Sociais? Os riscos sociais são medidos através de critérios de curvas FN. Assim como o critério de risco individual, que segue três regiões de níveis de aceitabilidade, o critério para as curvas FN pode seguir o mesmo padrão. Dois critérios de curvas FN são citados por Less, 1996, o Holandês e o do *Advisory Committee on Dangerous Substances* (ACDS), ambos estão apresentados na Figura 2-4 e Figura 2-5 abaixo, respectivamente. Além desses ressalta-se também o critério utilizado em Hong Kong, EPD, 2011, também apresentado a seguir na Figura 2-6.

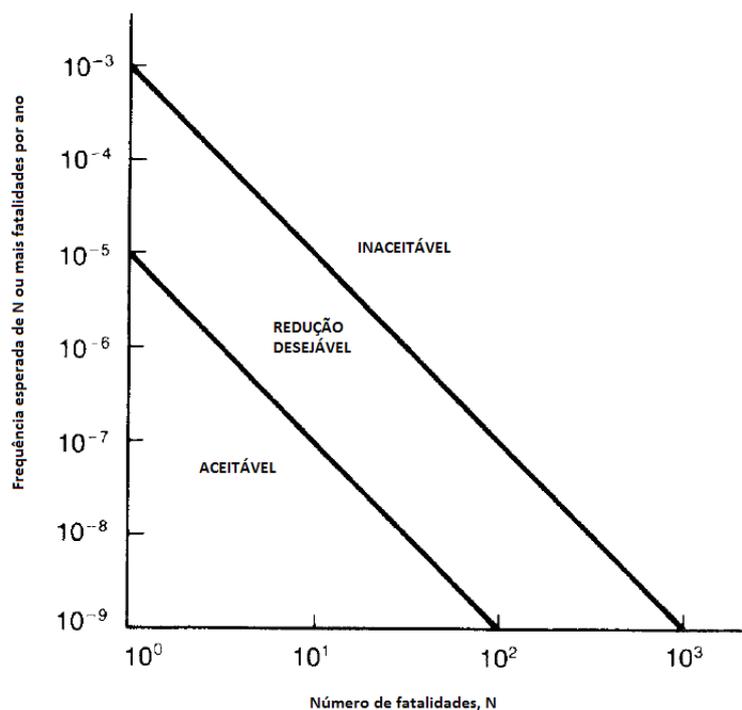


Figura 2-4 - Critério de Curva FN da Holanda. Fonte: Less, 1996.

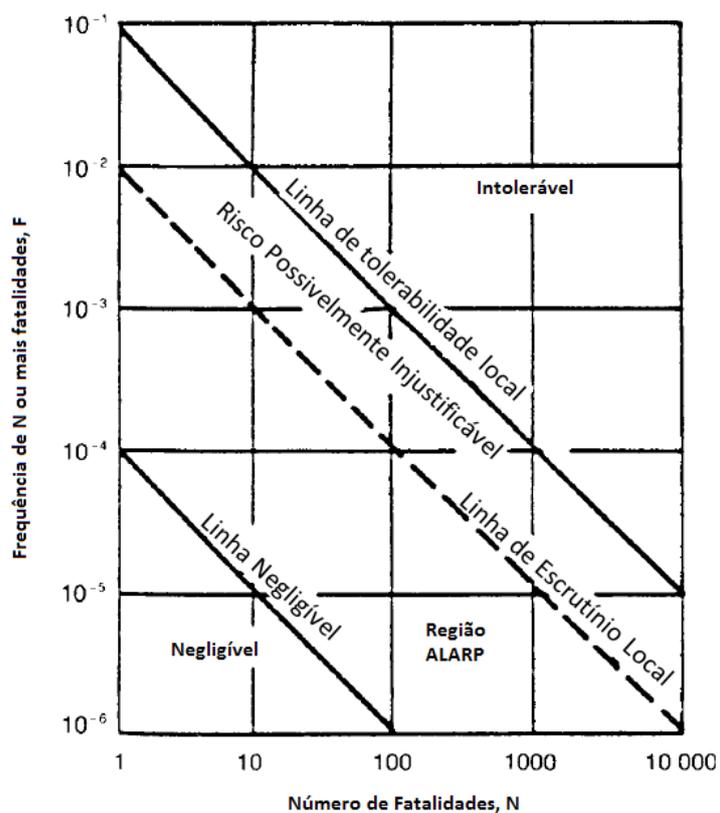


Figura 2-5 - Critério de Curva FN do ACDS. Fonte: Less, 1996.

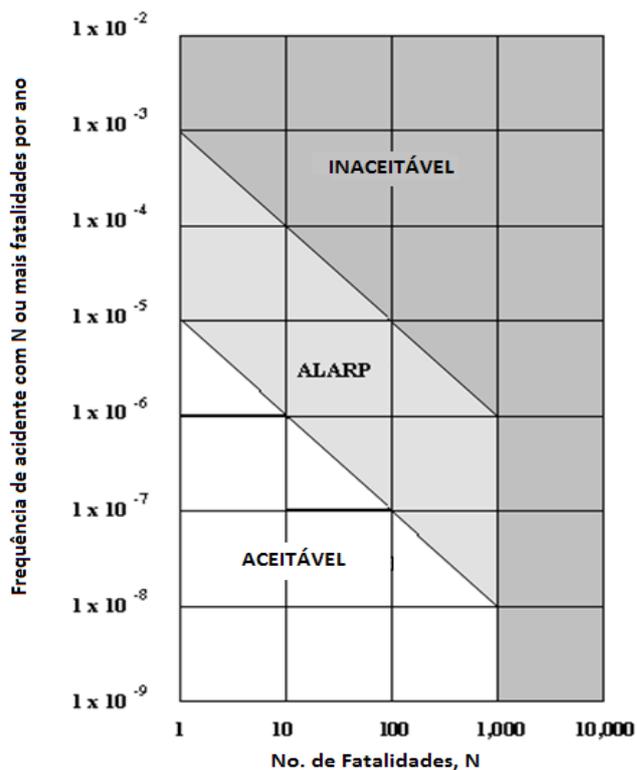


Figura 2-6 - Critério de Curva FN de Hong Kong. Fonte: EPD, 2011.

O Brasil através de seus órgãos estaduais também desenvolveu alguns critérios de aceitabilidade de riscos sociais. Segundo Serpa, 2010, a legislação ambiental brasileira é considerada uma das mais avançadas do mundo e prevê em sua Constituição Federal que as questões ambientais devem ser tratadas tanto pela União, como pelos Estados e Municípios. Alguns dos critérios de risco social no Brasil são apresentados a seguir.

As figuras abaixo, Figura 2-7 a Figura 2-10, apresentam os critérios utilizados pelo IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), no Rio de Janeiro determinado pelo INEA (Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro), em São Paulo determinado pela CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo) e no Rio Grande do Sul através da FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler).

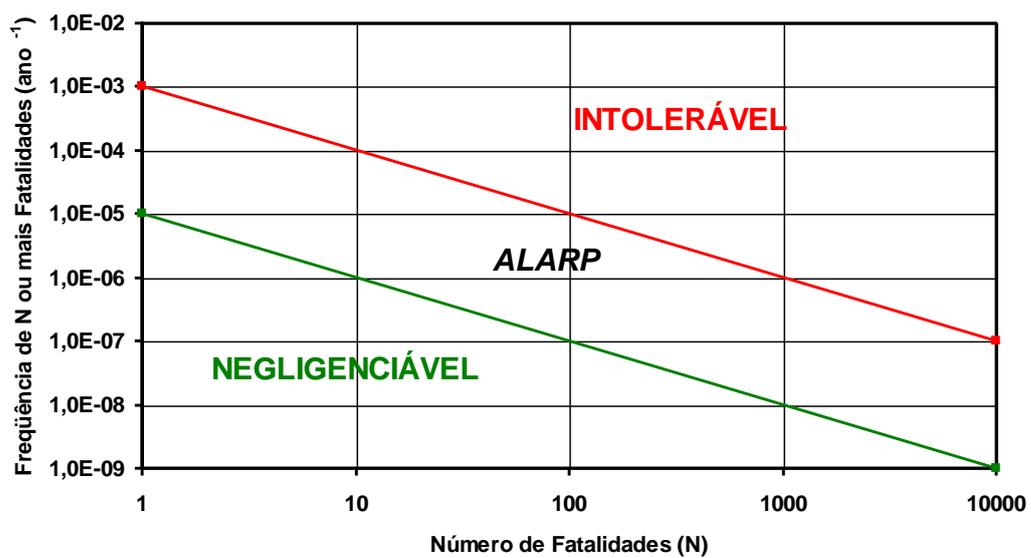


Figura 2-7 - Critério de Curva FN do IBAMA. Fonte: IBAMA, 2007.

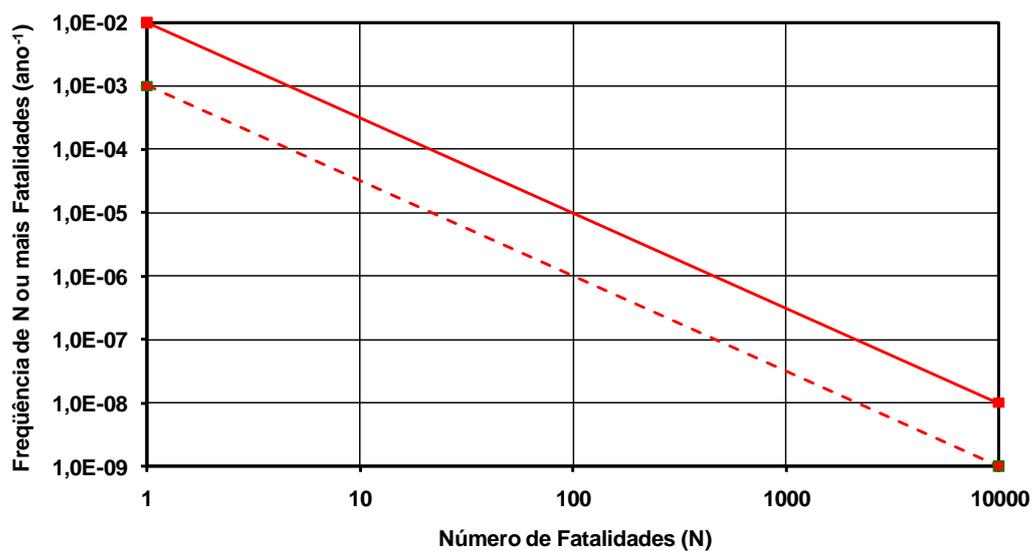


Figura 2-8 - Critério de Curva FN do INEA. Fonte: INEA, 2007.

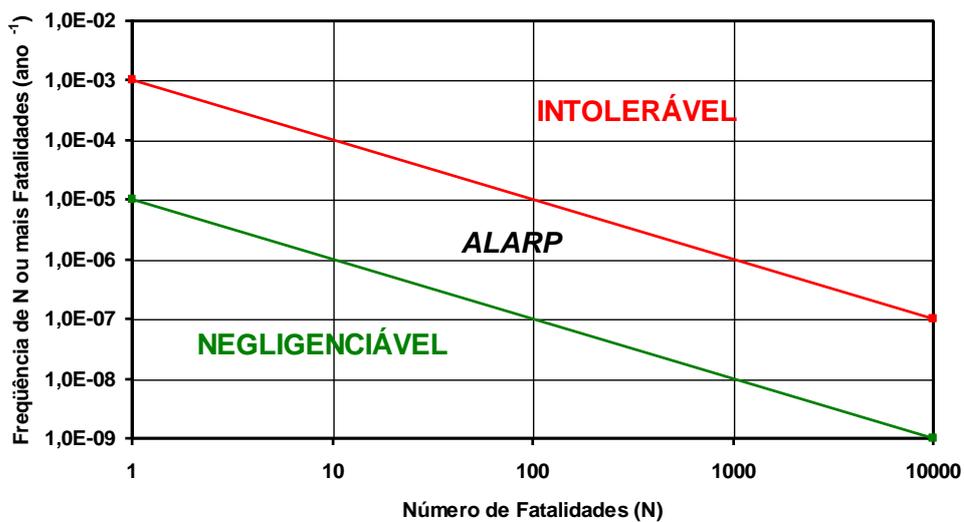


Figura 2-9 - Critério de Curva FN da CETESB. Fonte: CETESB, 2003.

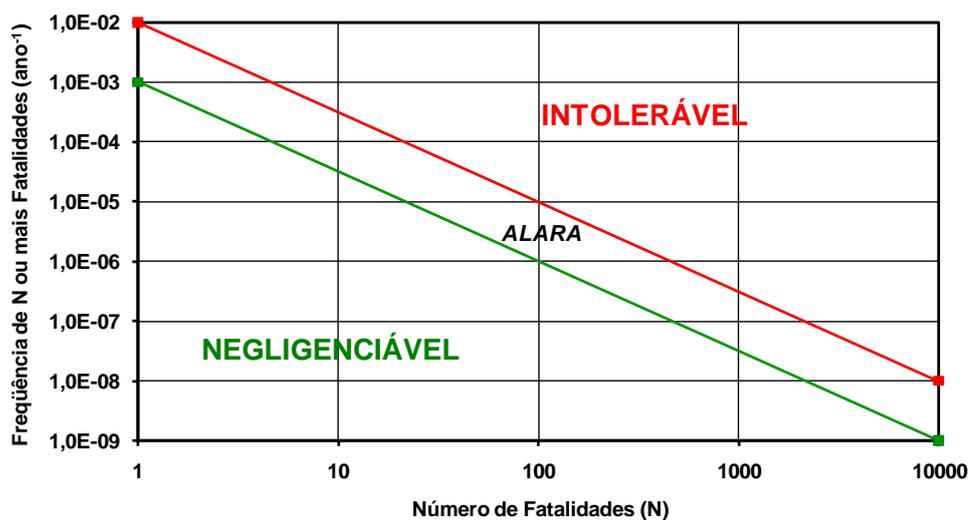


Figura 2-10 - Critério de Curva FN da FEPAM. Fonte: FEPAM, 2001.

Para este estudo será utilizado o critério de aceitabilidade de risco social da CETESB, sendo este considerado um órgão de referência para os demais.

3 REFINARIAS NO BRASIL E MIGRAÇÃO PARA SUA REGIÃO

Tendo em vista o objetivo desta dissertação que envolve o conceito de refinaria e suas operações, este capítulo visa apresentar uma visão geral sobre as refinarias existentes no Brasil, quais são as refinarias existentes e suas principais características quanto a sua produção e data de início da operação. Através dos dados sobre os municípios onde essas unidades estão instaladas será feita uma análise dos movimentos migratórios para essas regiões.

Para efeito desta dissertação serão selecionadas apenas algumas refinarias para a análise dos movimentos migratórios para suas regiões e identificado o comportamento do crescimento populacional dessas regiões ao longo dos anos e no ano da implantação da refinaria, o que comprovará a migração de pessoas para essas áreas.

3.1 Refinarias no Brasil

Este item identifica as principais refinarias no Brasil visando obter as possíveis áreas para avaliação de deslocamentos populacionais migratórios.

Ao todo no Brasil existe hoje, sob administração pública, dez refinarias e uma fábrica de lubrificantes todas de propriedade da Petrobras (CLICKMACAE). São elas:

- a) Refinaria Landulpho Alves (RLAM);
- b) Refinaria Presidente Bernardes (RPBC);
- c) Refinaria Duque de Caxias (REDUC);
- d) Refinaria Gabriel Passos (REGAP);
- e) Refinaria Alberto Pasqualini (REFAP);
- f) Refinaria de Paulínia (REPLAN);
- g) Refinaria de Manaus (REMAN);
- h) Refinaria de Capuava (RECAP);
- i) Refinaria Presidente Getúlio Vargas (REPAR);
- j) Refinaria Henrique Lage (REVAP);

k) Fábrica de Asfalto de Fortaleza (ASFOR).

No mapa abaixo, Figura 3-1.verifica-se graficamente a localização das refinarias da Petrobras no Brasil:



Figura 3-1 - As refinarias da Petrobras no Brasil. Fonte: CLICKMACAE.

Operam ainda no Brasil as refinarias Ipiranga, no Rio Grande do Sul, e Manguinhos, no Rio de Janeiro, ambas pertencentes a grupos privados.

Levando em conta as refinarias sob administração pública, a Tabela 3-1 abaixo apresenta sua localização, produção estimada e dados sobre o início de sua construção e/ou operação.

Tabela 3-1 - Características das Refinarias sob Administração Pública no Brasil. Fonte: WIKIPEDIAb e SZKLO, 2005.

Refinaria	Localização	Produção	Dados relevantes
Região Norte			
REMAN	Manaus (Amazonas)	46 000 bpd	Início da Operação: 1956
Região Nordeste			
RLAM	São Francisco do Conde (Bahia)	323 000 bpd	Início da construção:1949 / Incorporação à PETROBRAS: 1953
Região Sudeste			

REGAP	Betim (Minas Gerais)	151.000 bpd	Início da construção:1962/ Início da Operação: 1968
REPLAN	Paulínia (São Paulo)	365 000 bpd	Início da Operação: 1972
REVAP	São José dos Campos (São Paulo)	251 000 bpd	Início da construção:1974/ Início da Operação: 1980
RPBC	Cubatão (São Paulo)	170 000 bpd	Início da construção:1952/ Início da Operação: 1955
RECAP	Mauá (São Paulo)	53 000 bpd	Início da construção:1954 / Incorporação à PETROBRAS: 1974
REDUC	Duque de Caxias (Rio de Janeiro)	242 000 bpd	Início da Operação: 1961
Região Sul			
REPAR	Araucária (Paraná)	189 000 bpd	Início da construção:1973/ Início da Operação: 1976
REFAP	Canoas (Rio Grande do Sul)	189 000 bpd	Início da Operação: 1968

Tendo em vista o caráter demonstrativo deste trabalho foram selecionadas apenas algumas refinarias para análise de suas regiões quanto aos movimentos populacionais. O critério utilizado foi a seleção de refinarias com as maiores produções de petróleo, de acordo com os dados apresentados na Tabela 3-1 acima, e que estão presentes nos estados mais desenvolvidos economicamente no país dentre aqueles que possuem refinarias, limitando a quatro o número total de refinarias. As refinarias selecionadas foram REGAP, REPLAN, REDUC e REFAP sendo os municípios estudados: Betim (MG), Paulínia (SP), Duque de Caxias (RJ) e Canoas (RS), respectivamente.

A seguir estão apresentadas as fotos das áreas das refinarias selecionadas para análise de forma a ilustrar como estas se encontram hoje. As fotos estão apresentadas em duas vistas, superior e inclinada, de forma que se possa ter uma perspectiva da área ocupada quanto ao tamanho da unidade e quanto a população nas áreas adjacentes. As fotos foram retiradas do programa aberto GOOGLE EARTH e são referentes às datas de atualização apresentadas em cada uma das figuras.

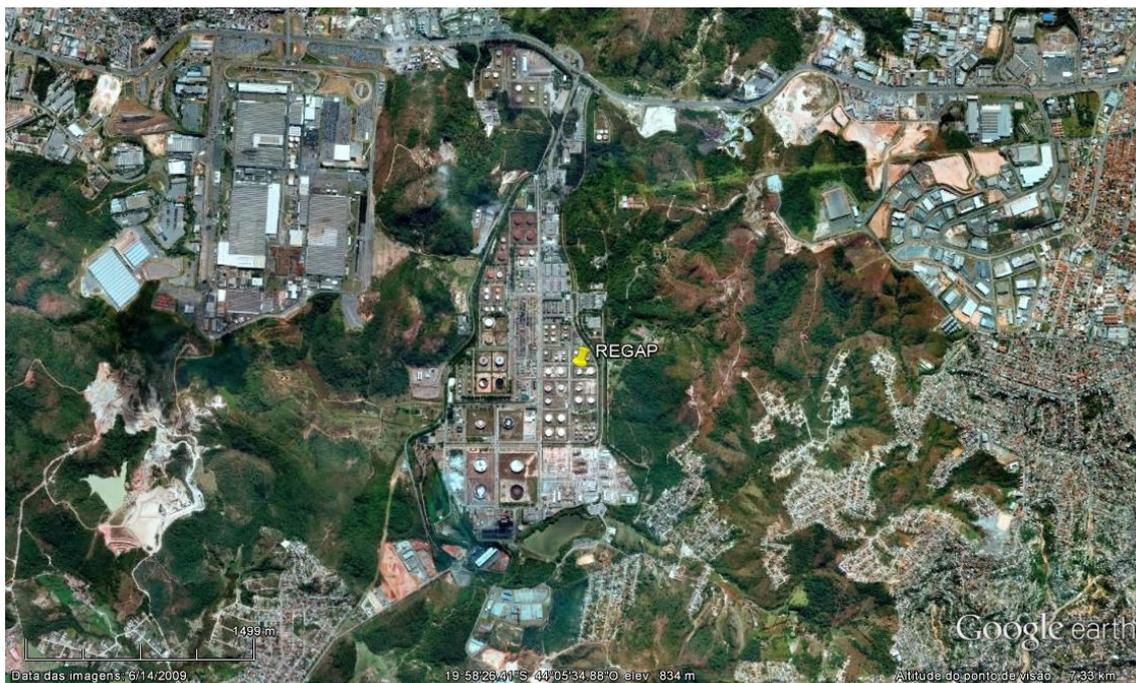


Figura 3-2– Vista superior da REGAP em Betim (MG). Fonte: GOOGLE EARTH.

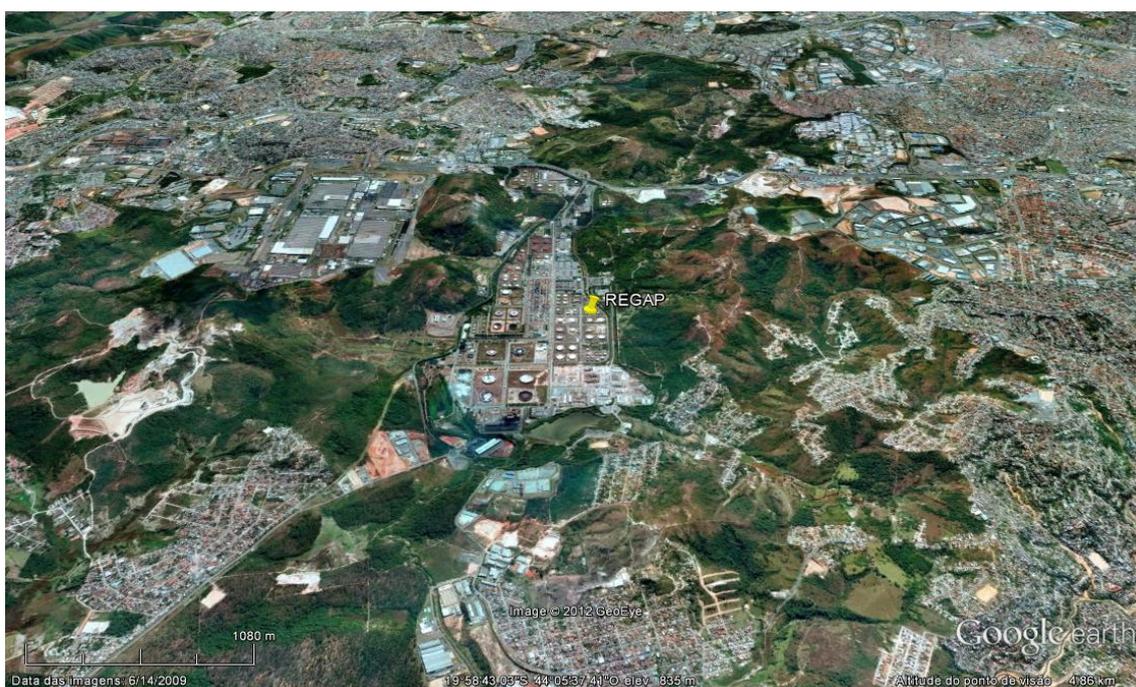


Figura 3-3– Vista em perspectiva da REGAP em Betim (MG). Fonte: GOOGLE EARTH.



Figura 3-4– Vista superior da REPLAN em Paulínia (SP). Fonte: GOOGLE EARTH.

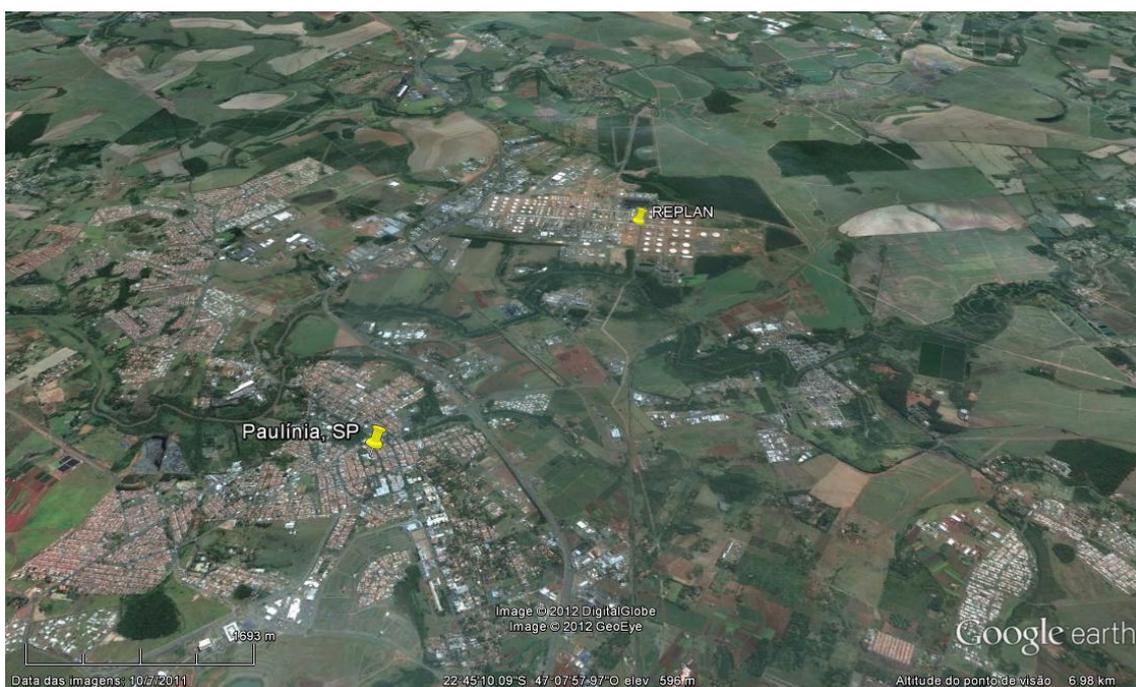


Figura 3-5– Vista em perspectiva da REPLAN em Paulínia (SP). Fonte: GOOGLE EARTH.

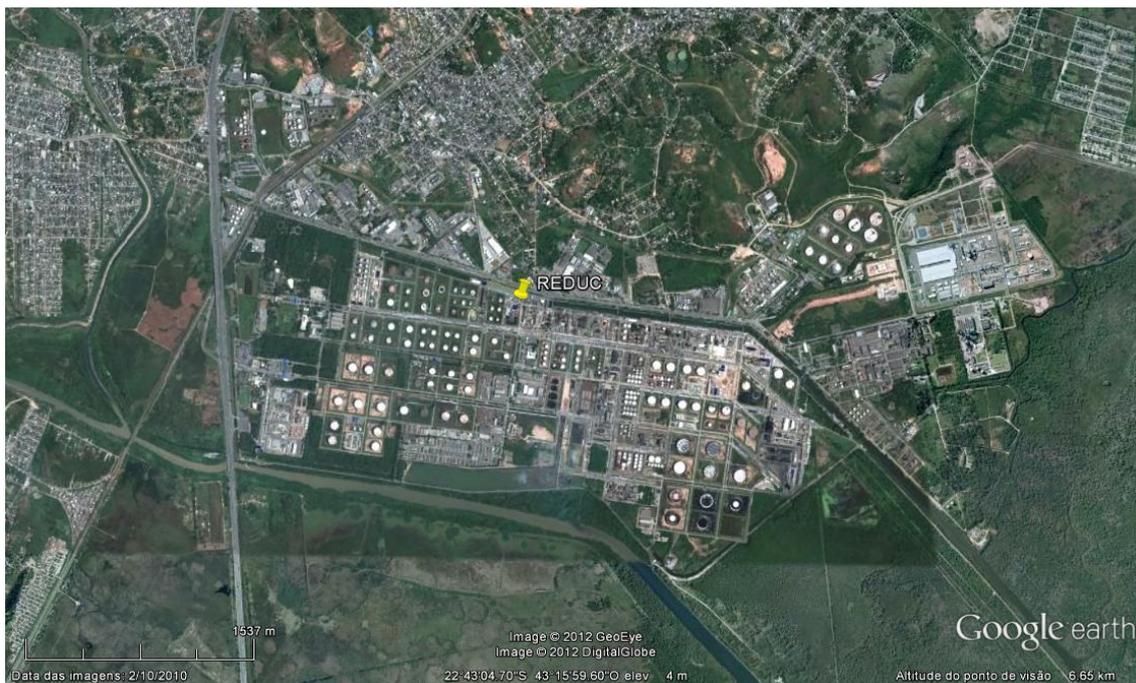


Figura 3-6– Vista superior da REDUC em Duque de Caxias (RJ). Fonte: GOOGLE EARTH.

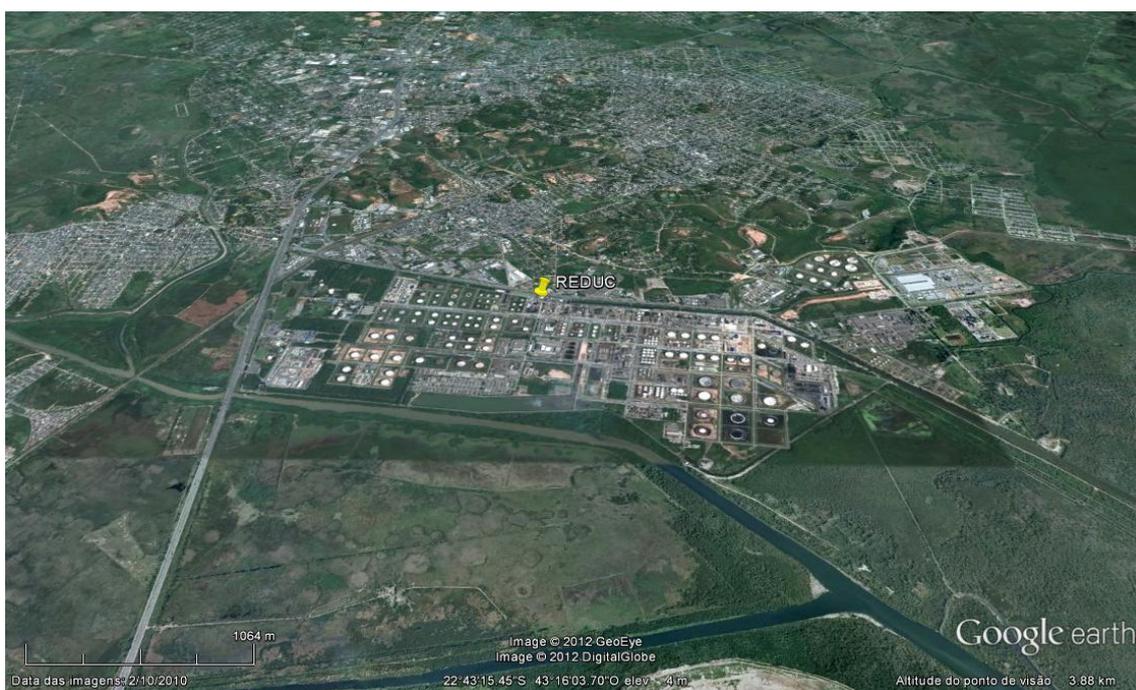


Figura 3-7– Vista em perspectiva da REDUC em Duque de Caxias (RJ). Fonte: GOOGLE EARTH.

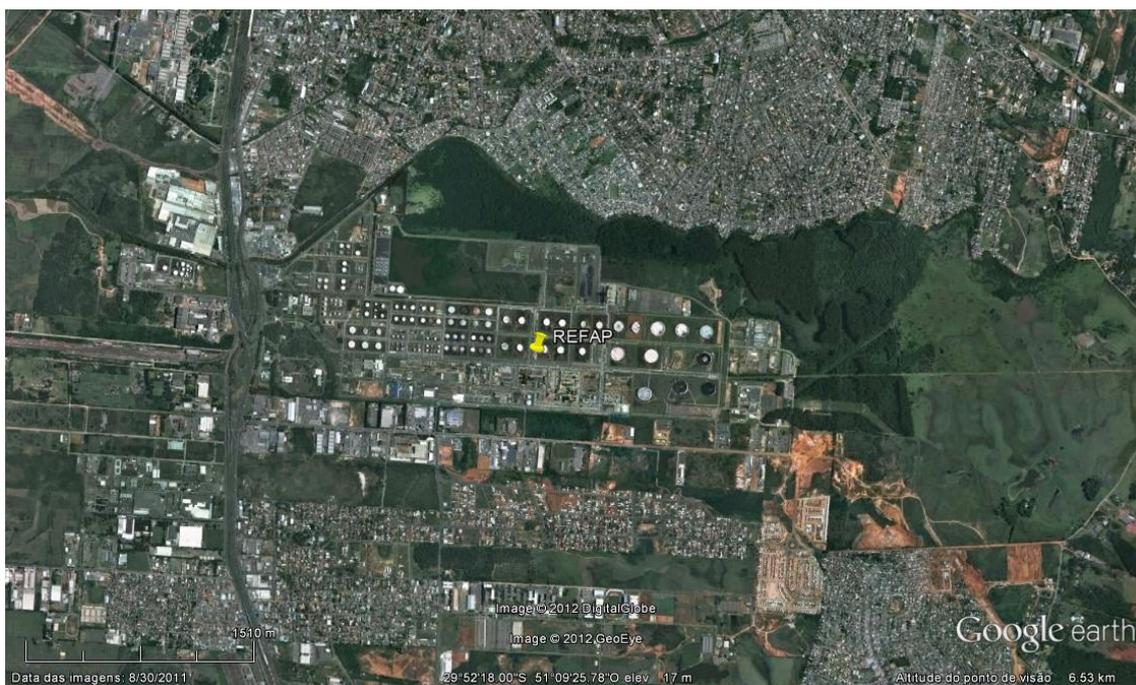


Figura 3-8– Vista superior da REFAP em Canoas (RS). Fonte: GOOGLE EARTH.

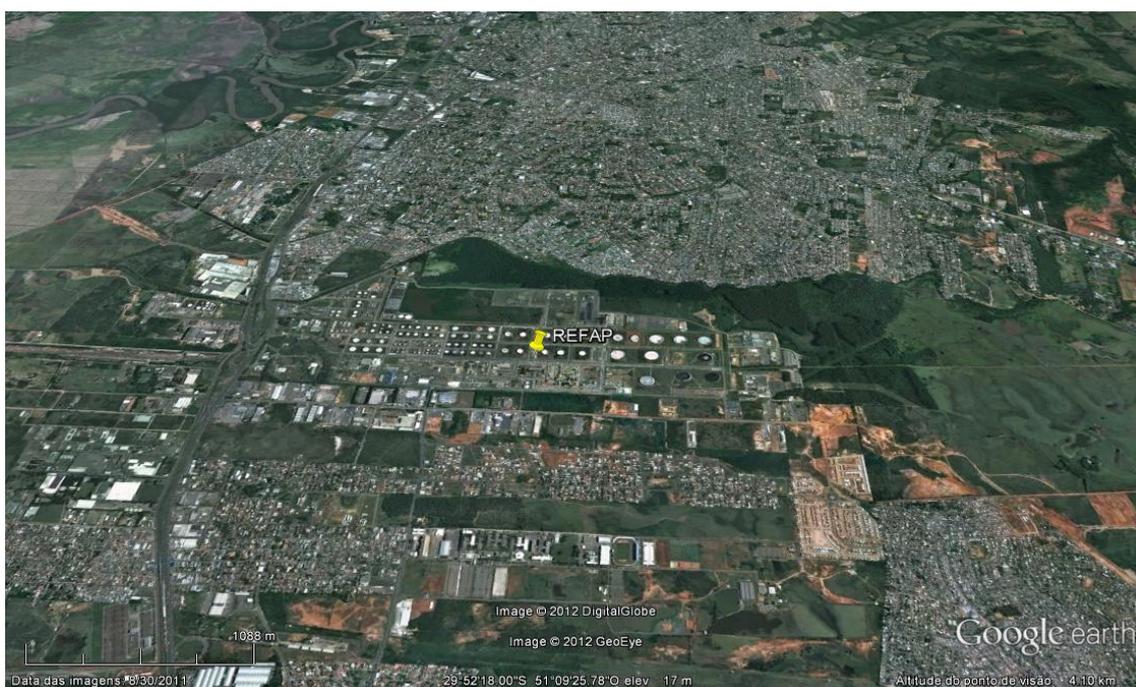


Figura 3-9 - Vista em perspectiva da REFAP em Canoas (RS). Fonte: GOOGLE EARTH.

3.2 Migração Populacional para Áreas de Refinarias no Brasil

Foram identificadas algumas possíveis motivações para a migração populacional. Segundo Aguayo et al, 2010, uma considerável disparidade econômica entre as cinco regiões do país ainda persiste ao longo dos anos, fato este que incentiva os movimentos migratórios principalmente da Região Nordeste para a Sudeste que encontram grandes incentivos econômicos para a migração.

Yap, 1976, atestou que, em 1960, havia uma pobreza substancial no Brasil, a força de trabalho não agrícola recebiam salários menores que o mínimo nacional, logo a migração se tornou uma oportunidade de fugir da pobreza rural, uma vez que migrantes rurais eram absorvidos rapidamente no mercado de trabalho urbano. Outra motivação seria a possibilidade de se melhorar os níveis de conhecimento e capacitação disponíveis em centros urbanos. Note que muitas das refinarias no Brasil iniciaram suas operações na década de 60 e 70 favorecendo a tomada de decisão pela migração para estas áreas.

Porém, segundo o IBGE, 2011, a partir da década de 1980, o comportamento da mobilidade espacial da população sofreu importantes transformações nos países desenvolvidos e em desenvolvimento. Aqueles movimentos que tinham de um modo geral como características básicas a migração para os grandes centros, passaram a ter como destino as cidades médias e serem cada vez mais de curta duração. O mercado de trabalho passou por radical reestruturação. Em face da sua volatilidade, ao aumento da competitividade e do estreitamento das margens de lucros, os patrões tiraram proveito do enfraquecimento do poder sindical e da grande quantidade de mão de obra excedente para impor regimes de trabalho mais flexíveis. Em resumo, reduziu o emprego regular em favor do crescente uso do trabalho em tempo parcial, temporário ou subcontratado, ou seja, trabalhos precários.

Mesmo com a perda de intensidade das principais correntes migratórias observadas no passado o IBGE, 2011, observou que a matriz de trocas entre as regiões brasileiras mostra que a mais expressiva corrente migratória continua sendo os deslocamentos entre as Regiões Nordeste e Sudeste, reafirmando a tese de Yap, 1976, sobre os principais movimentos migratórios na década de 60.

Este item visa apresentar graficamente o comportamento do crescimento populacional nos municípios onde estão instaladas as principais refinarias no Brasil. O objetivo é identificar o comportamento migratório para estas áreas na década de implantação da refinaria, verificar se houve realmente um crescimento e comparar o comportamento do crescimento populacional deste município com o da respectiva capital visando identificar possíveis semelhanças que caracterizem o crescimento desses municípios com o crescimento populacional dos grandes centros.

Os gráficos a seguir contemplam os municípios onde estão localizadas as refinarias selecionadas para análise conforme mencionado no item anterior: Betim (MG), Paulínia (SP), Duque de Caxias (RJ) e Canoas (RS).

Os dados utilizados para a construção dos gráficos apresentados nas figuras abaixo, da Figura 3-10 a Figura 3-17, estão baseados em dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) obtidos através do site do IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada) (<http://www.ipeadata.gov.br>) em 14/04/2011. Os dados disponíveis são referentes aos anos de 1910 a 2010, para a população residente total, sendo que nem todos os municípios possuem dados disponíveis em todas as datas disponíveis.

a) Betim – Minas Gerais

Como pode ser observado na Figura 3-10 abaixo, o maior crescimento populacional de Betim identificado foi de 123% na década da implementação da REGAP e nas décadas seguintes manteve uma curva ascendente até 2007. Na Figura 3-11 compara-se o comportamento do crescimento populacional de Betim com a capital Belo Horizonte e verifica-se que Betim apresenta um comportamento bastante parecido com o da sua respectiva capital.

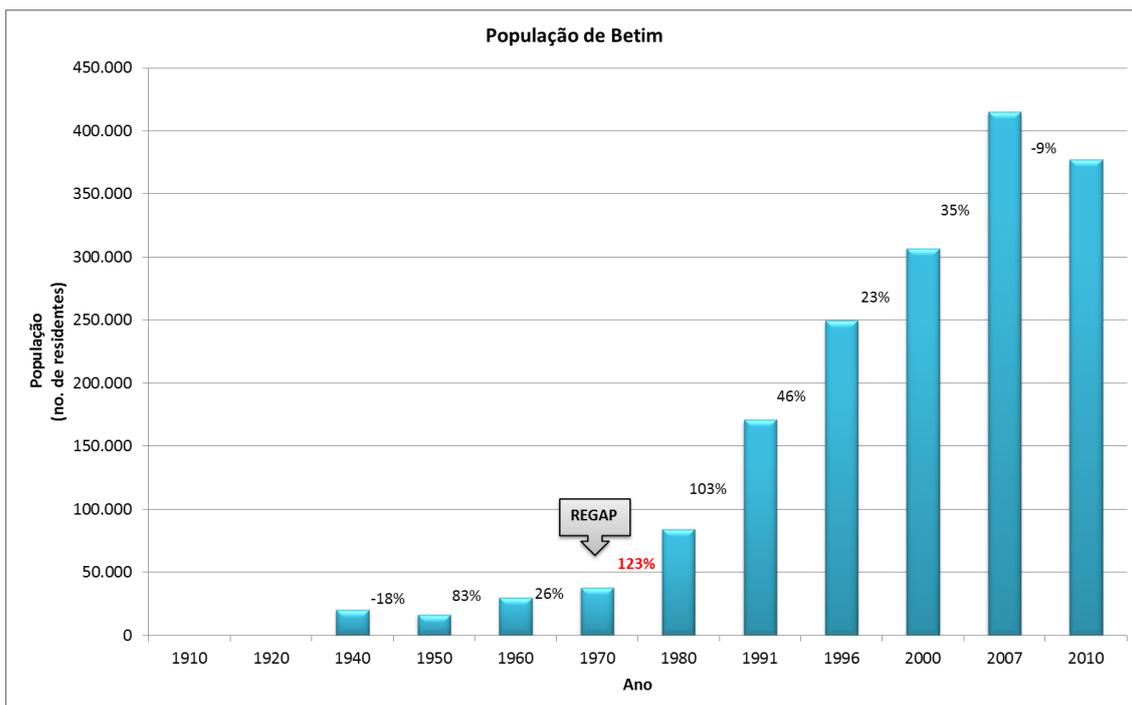


Figura 3-10 – Crescimento populacional de Betim (MG). Fonte: IPEA, 2012.

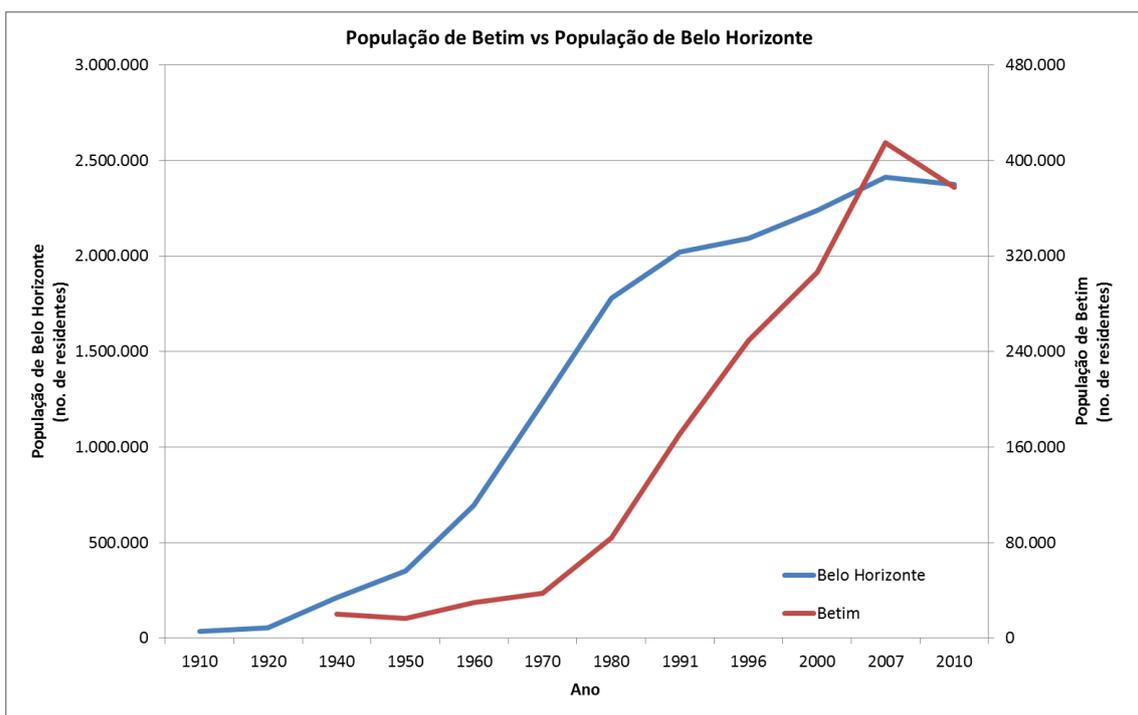


Figura 3-11– Comparativo do crescimento populacional de Betim e Belo Horizonte. Fonte: IPEA, 2012.

b) Paulínia – São Paulo

Para Paulínia os dados disponíveis se iniciam na década de 70 e por isso não foi possível apresentar os dados de anos anteriores. Como pode ser observado na Figura 3-12 abaixo, o maior crescimento populacional de Paulínia identificado foi de

94% na década da implementação da REPLAN e nas décadas seguintes manteve uma curva ascendente até 2010. Na Figura 3-13 compara-se o comportamento do crescimento populacional de Paulínia com a capital São Paulo e verifica-se que Paulínia apresenta um comportamento bastante parecido com o da sua respectiva capital.

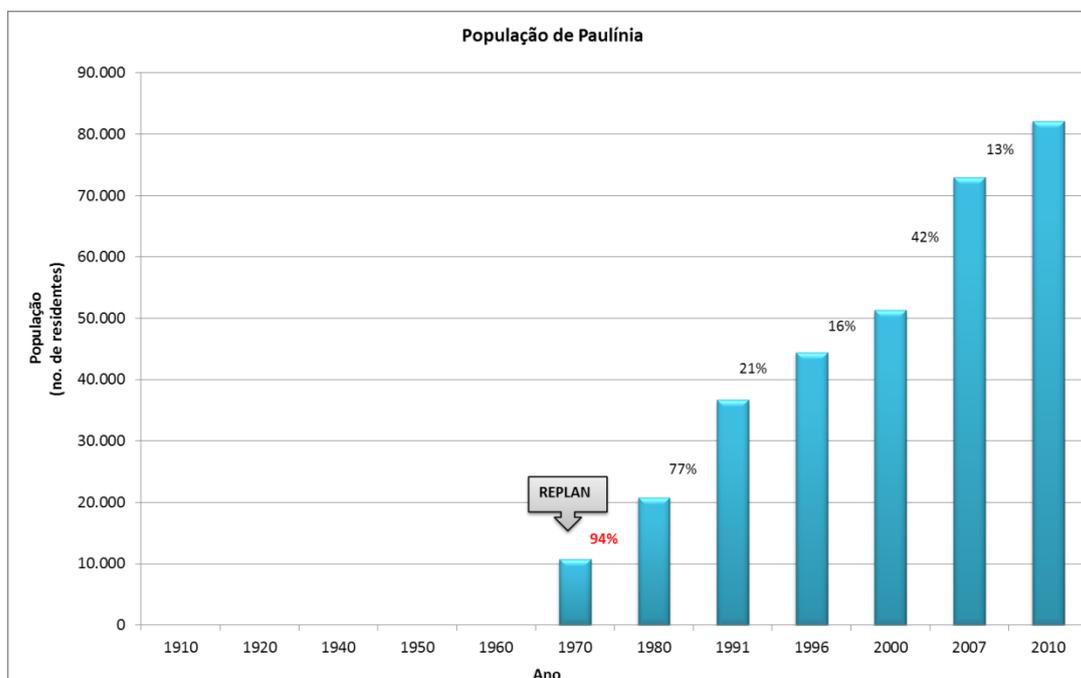


Figura 3-12– Crescimento populacional de Paulínia (SP). Fonte: IPEA, 2012.

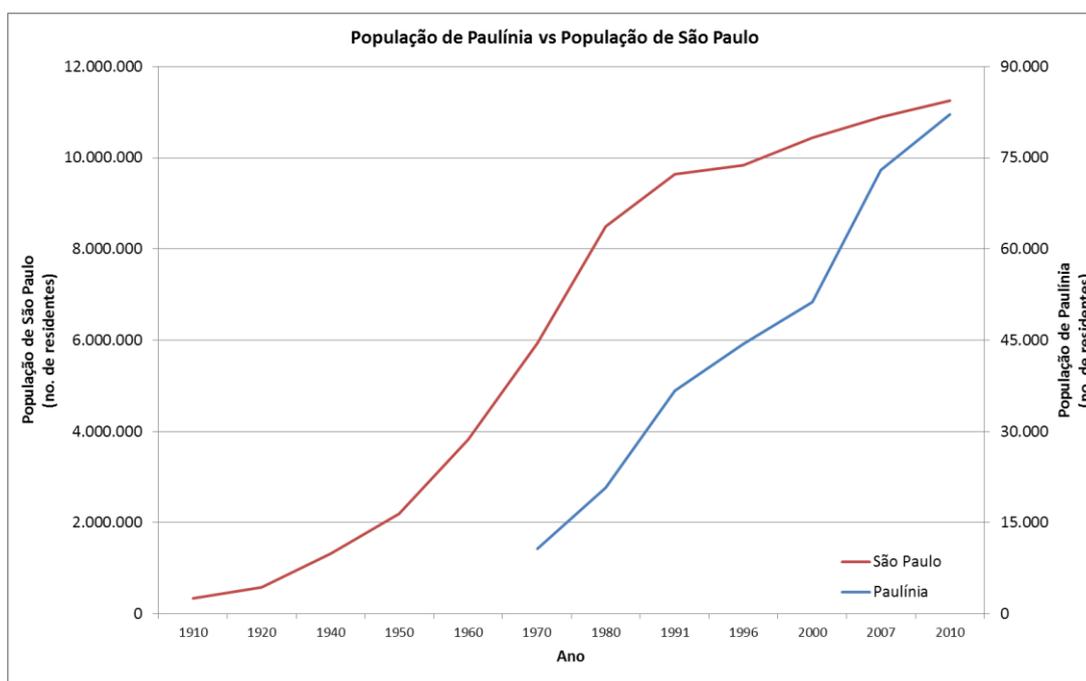


Figura 3-13 – Comparativo do crescimento populacional de Paulínia e São Paulo. Fonte: IPEA, 2012.

c) Duque de Caxias – Rio de Janeiro

Para Duque de Caxias os dados disponíveis se iniciam na década de 50 e por isso não foi possível apresentar os dados de anos anteriores. Como pode ser observado na Figura 3-14 abaixo, o maior crescimento populacional de Duque de Caxias se dá na década de 50 (163%), anterior à década de implementação da REDUC. Vale ressaltar que a REDUC iniciou as suas operações em 1961 e portanto sua construção se deu na década de 50, fato este que poderia justificar tão grande crescimento na década de 50. Porém não foi possível identificar através dos dados disponíveis se o crescimento na década de 50 se deu na primeira metade ou na segunda metade e portanto não foi possível comprovar tal fato. Ainda assim na década do início da operação da REDUC o crescimento foi o segundo maior com 77% e nas décadas seguintes manteve uma curva ascendente até 2010. Na Figura 3-15 compara-se o comportamento do crescimento populacional de Duque de Caxias com a capital Rio de Janeiro e verifica-se que Duque de Caxias apresenta um comportamento bastante parecido com o da sua respectiva capital.

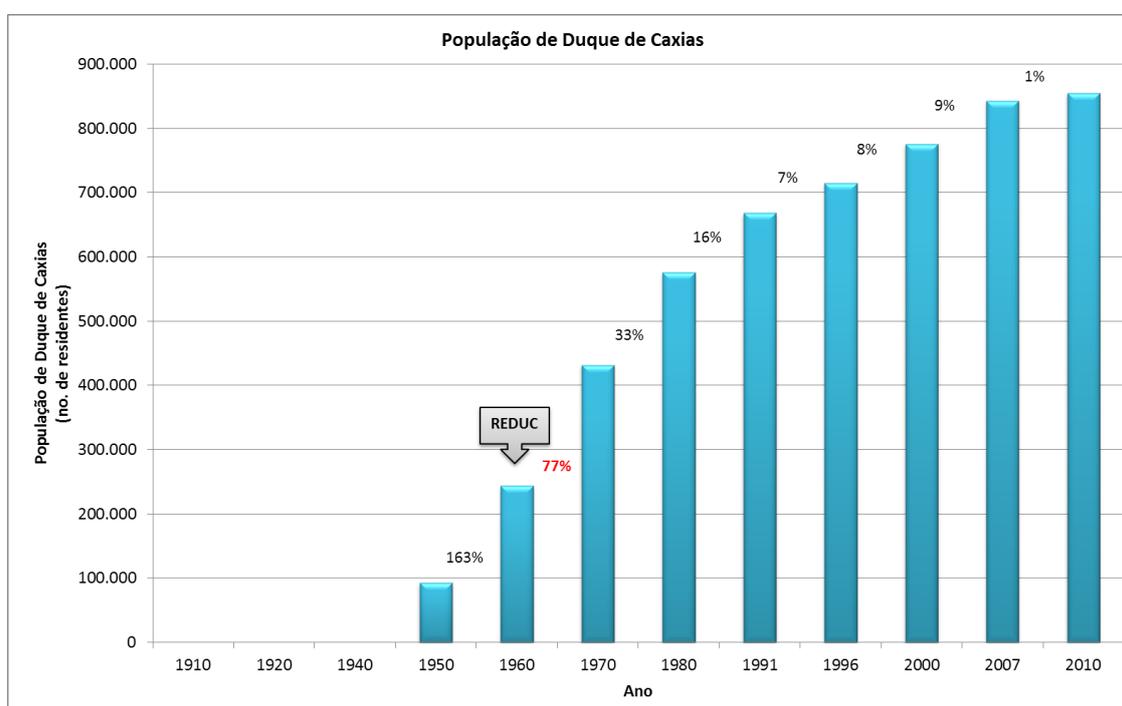


Figura 3-14 – Crescimento populacional de Duque de Caxias (RJ). Fonte: IPEA, 2012.

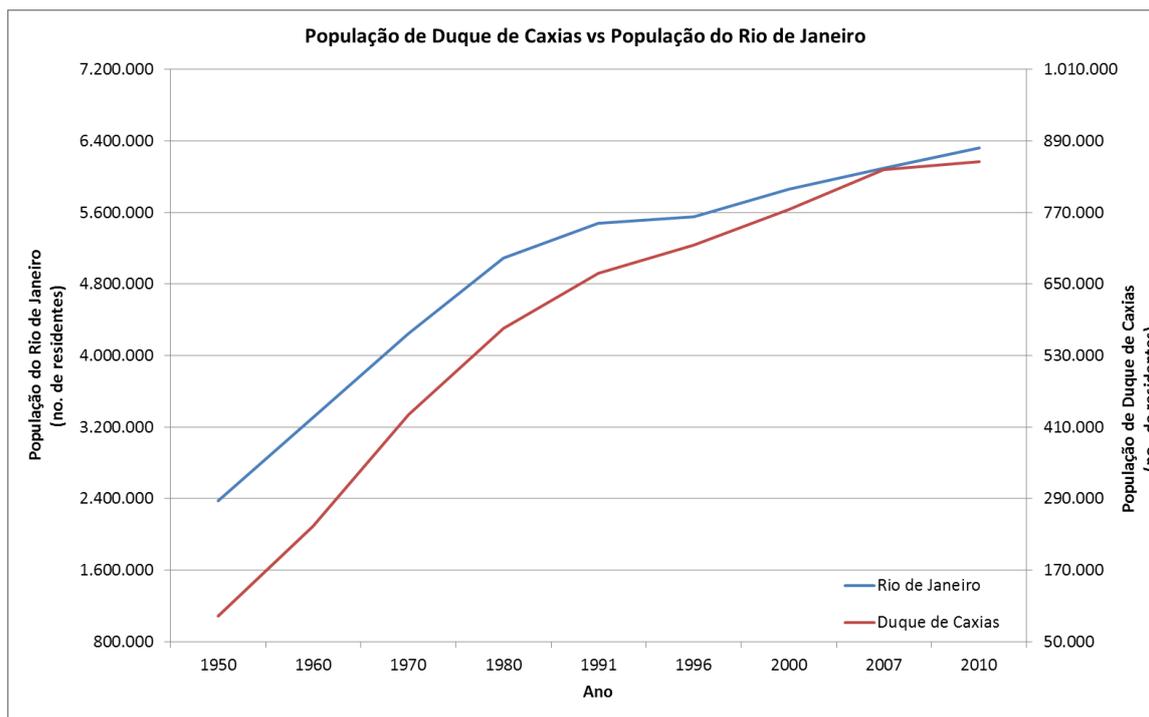


Figura 3-15 – Comparativo do crescimento populacional de Duque de Caxias e Rio de Janeiro. Fonte: IPEA, 2012.

d) Canoas – Rio Grande do Sul

Para Canoas os dados disponíveis se iniciam na década de 40 e por isso não foi possível apresentar os dados de anos anteriores. Como pode ser observado na Figura 3-16 abaixo, o maior crescimento populacional de Canoas se dá nas décadas de 40 e 50, anterior à década de implementação da REFAP (década de 60). Esse crescimento iniciado em 1940 deu devido a emancipação de Canoas em 1939 o que provocou um crescimento elevado de indústrias na região e consequentemente de sua população. O parque industrial de Canoas é um dos maiores e mais importantes do Estado. Pequenas, médias e grandes empresas fabricam no município os mais variados produtos, desde máquinas pesadas até os mais delicados instrumentos cirúrgicos. A REFAP contribui diretamente para o alto PIB do município (WIKIPEDIAa). Vale ressaltar que a REFAP iniciou as suas operações em 1968 e portanto sua construção se deu ainda na década de 60, onde foi registrado um crescimento de 47% e nas décadas seguintes manteve uma curva ascendente até 2007. Na Figura 3-17 compara-se o comportamento do crescimento populacional de Canoas com a capital Porto Alegre e verifica-se que Canoas apresenta um comportamento bastante parecido com o da sua respectiva capital.

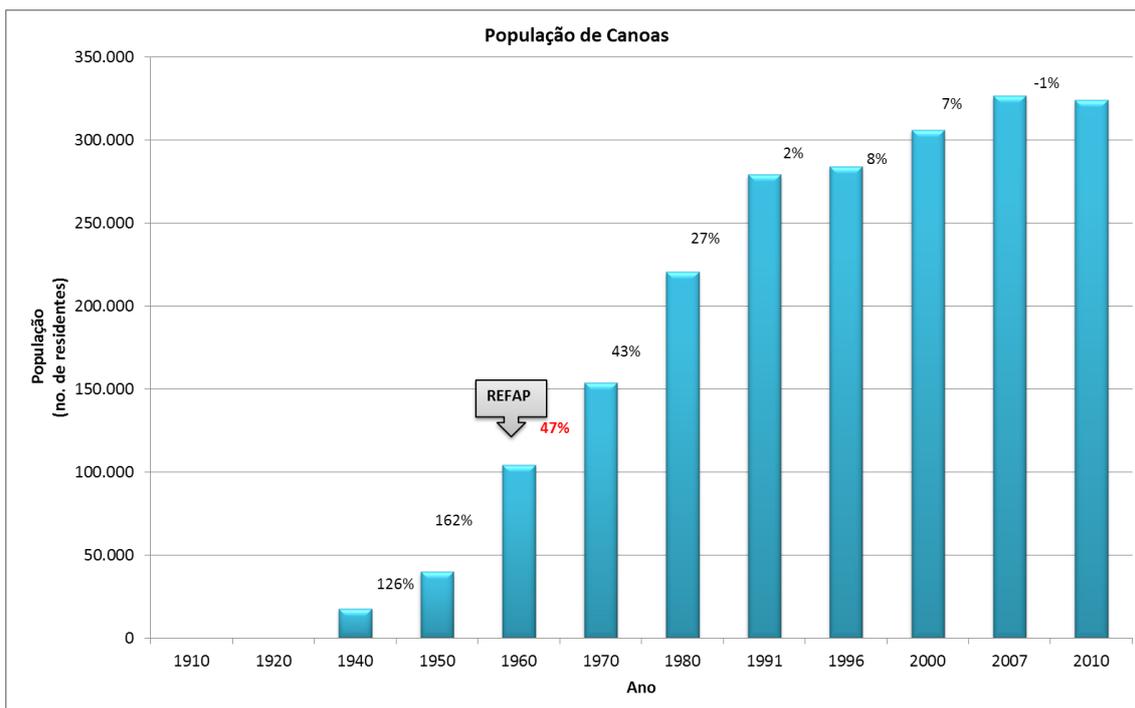


Figura 3-16 – Crescimento populacional de Canoas (RS). Fonte: IPEA, 2012..

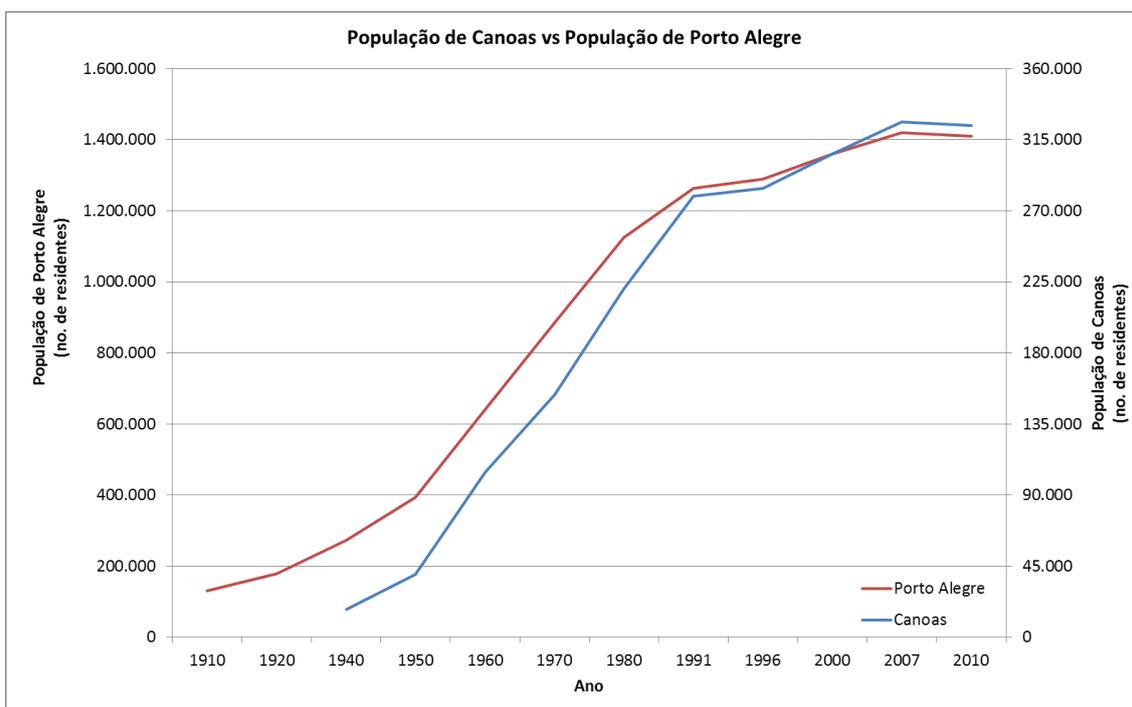


Figura 3-17 – Comparativo do crescimento populacional de Canoas e Porto Alegre. Fonte: IPEA (2012).

Como pode ser observado todos os municípios analisados apresentaram crescimento populacional na década de implantação da refinaria o que vai de encontro ao propósito da pesquisa e identificando ainda semelhanças que caracterizam o crescimento desses municípios com o crescimento populacional dos

respectivos grandes centros. Vale ressaltar que tais crescimentos também podem ter se dado por outros motivos que não a implementação dessas refinarias porém não cabe a este estudo avaliar o desenvolvimento econômico dos municípios e sim apresentar uma ilustração do crescimento populacional nessas áreas.

Após a comprovação do crescimento populacional nos municípios onde estão instaladas as refinarias em análise, a próxima etapa é o desenvolvimento do cálculo do risco social apresentado no item 4 a seguir.

4 CÁLCULO DO RISCO SOCIAL

Este item apresenta a metodologia utilizada para o cálculo do risco social, premissas utilizadas e respectivos resultados sendo apresentado pelos seguintes passos:

- a) Seleção dos cenários de risco: neste item são apresentadas as principais unidades de uma refinaria são selecionadas as unidades mais representativas em termos de risco imposto à população para o cálculo do risco social;
- b) Cálculo da frequência dos cenários de risco: neste item são apresentadas as premissas para o cálculo da frequência dos cenários de acidentes e metodologia adotada tais como tamanho de furos utilizados e banco de dados de taxa de falha;
- c) Cálculo das consequências dos cenários: neste item são apresentadas as premissas para o cálculo dos efeitos físicos e dados utilizadas no programa PHAST RISK 6.7, tais como, dados meteorológicos, tempo de vazamento e efeitos simulados;
- d) Apresentação do Arranjo para Análise dos Riscos: este item apresenta o arranjo utilizado para o cálculo de risco social e as premissas para a distribuição da população neste arranjo;
- e) •Resultados do Risco Social e Comparação com o Critério de Aceitabilidade: este item apresenta os resultados de Risco Social através das curvas F-N e comparação dos resultados com o critério de aceitabilidade de riscos adotado.

4.1 Seleção dos Cenários

O refino concentra, essencialmente, as atividades para transformar o óleo bruto em produtos essenciais, tais como: diesel, gás liquefeito de petróleo, gasolina, lubrificantes, nafta, óleo combustível e querosene de aviação. Os processos comumente encontrados em uma refinaria são (WIKIPEDIAb e SZKLO, 2005):

- a) Dessalgação : processo de remoção de sais do óleo bruto.
- b) Destilação atmosférica: processo em que o óleo bruto é separado em diversas frações sob pressão atmosférica.
- c) Destilação à vácuo ou destilação a pressão reduzida: processo em que o resíduo da destilação atmosférica é separado em diversas frações sob pressão reduzida.
- d) Hidrotratamento: processo empregado na remoção de impurezas como compostos sulfurados, oxigenados, nitrogenados, organo-metálicos, que podem desativar catalisadores em unidades FCC, HFCC, reforma catalítica etc.
- e) Reforma catalítica: usa reações catalíticas para processar correntes com baixo teor de octanas, gasolinas, naftas, convertendo-as em aromáticos com alto teor de octanas;
- f) Craqueamento/cracking catalítico: processo em que moléculas grandes (de menor valor comercial) são "quebradas" em moléculas menores (de maior valor comercial) através de um catalisador.
- g) Tratamento Merox: processo de tratamento cáustico regenerativo utilizado para tratamento químico de derivados de petróleo a fim de remover mercaptans ou convertê-los em dissulfetos, sendo aplicável a cargas com ponto final deebulição de até 315°C a 340oC, o que corresponde a faixa do GLP, das naftas e do querosene. O nome MEROX deriva de MERcaptan OXidation.
- h) Craqueamento/cracking retardado/térmico: processo em que moléculas grandes (de menor valor comercial) são "quebradas" em moléculas menores (de maior valor comercial) pela ação de temperaturas elevadas.

- i) Alquilação / alcoilação: processo usado na produção de gasolina com alto índice de octanas.

Com base em estudos técnicos desenvolvidos por uma empresa de consultoria internacional foi identificado através de resultados de análises de risco quantitativas quais unidades em refinarias poderiam representar maior risco para as pessoas no entorno das instalações. Os estudos utilizados fazem parte de um tratado de confidencialidade entre contratante e contratada e portanto não podem ser divulgados.

Neste estudo optou-se por considerar apenas algumas unidades de uma refinaria tendo em vista o caráter demonstrativo deste trabalho e também visando não apresentar um excesso de informação comprometendo a clareza dos resultados.

As unidades selecionadas para análise foram aquelas que, nos estudos quantitativos reais, geraram áreas vulneráveis capazes de atingir regiões fora dos limites da refinaria e conseqüentemente poderiam representar maior risco para as pessoas no entorno das instalações. As unidades selecionadas foram: Unidade de Destilação, Unidade de Hidrotratamento Catalítico, Unidade de Geração de Hidrogênio, Unidade de Reforma Catalítica e Parque de Esferas.

A Tabela 4-1 abaixo apresenta o número de cenários simulados por unidade e os produtos perigosos modelados.

Tabela 4-1 - Número de cenários simulados por unidade e os produtos perigosos modelados

Unidade	No. de Cenários	Produtos Perigosos
U-01- Unidade de Destilação	6	Octano, Pentano, Heptano
U-02- Unidade de Hidrotratamento Catalítico	6	H ₂ S, Hidrogênio
U-03- Unidade de Geração de Hidrogênio	3	Nafta, Monóxido de Carbono, Metano, Dióxido de Carbono, Hidrogênio
U-04- Parque de Esferas	21	GLP
U-05- Unidade de Reforma Catalítica	23	Nafta, Metano, Hidrogênio, Etano, Propano, GLP, Hexano

4.2 Cálculo das Frequências dos Cenários

Como mencionado no item 2.2 o Risco é calculado a partir da frequência de ocorrência dos eventos e sua consequência. As frequências das falhas são requeridas para dar um peso apropriado para o risco de um perigo particular em uma AQR. Idealmente, os dados de taxas de falha deveriam ser específicos para as instalações em estudo, contudo, isso normalmente não é factível. Na maioria dos casos, os dados específicos da instalação analisada não estão disponíveis ou não são em número de forma a representar um dado estatístico. Este problema pode ser superado com o uso de dados históricos médios, como forma de substituição dos dados específicos da instalação, trabalhando-se com modificações dos dados históricos médios para atender as especificações básicas de determinada área, caso seja necessário. No estudo em questão foi utilizado o banco de dados do HSE (*Health and Safety Executive*) da Inglaterra (HSE, 2002).

Vários fatores, como pressão e temperatura de operação e estado físico da substância, são considerados durante o cálculo da descarga de material para o ambiente. A fim de melhor representar todas as dimensões/ classes de vazamentos relatados em instalações envolvendo produtos químicos, conforme mencionado anteriormente, foram considerados neste trabalho quatro categorias de vazamento, conforme listado a seguir:

- a) Pequeno vazamento – representado por vazamentos decorrentes de furos com dimensões que variem entre 0 e 10 mm de diâmetro.
- b) Médio vazamento – representado por vazamentos decorrentes de furos com dimensões que variem entre 10 e 50 mm de diâmetro.
- c) Grande vazamento – representado por vazamentos decorrentes de furos com dimensões que variem entre 50 e 150 mm de diâmetro.
- d) Falha Catastrófica – Vazamentos decorrentes de furos superiores a 150 mm de diâmetro (6”).

Considerando as taxas de falha para diferentes tamanhos de furo e combinando estas taxas com a contagem dos equipamentos feita para cada cenário com base nos fluxogramas de engenharia de cada instalação, foram obtidos os valores das frequências de ocorrência de cada evento iniciador.

Os dados de frequência foram utilizados como dados de entrada do programa PHAST RISK 6.7 da DNV e por ser um dado de base para o desenvolvimento desta análise e não o foco principal optou-se por não apresentar os detalhes do resultado do cálculo de frequência.

4.3 Cálculo das Consequências dos Cenários

Este capítulo tem como principal objetivo apresentar as premissas para o cálculo das consequências dos cenários avaliados. A metodologia para o cálculo das consequências consiste no conjunto de modelos e técnicas usadas para estimativa das áreas potencialmente sujeitas aos efeitos danosos de liberações acidentais de substâncias perigosas ou de energia de forma descontrolada com base em modelos consagrados desenvolvidos pelo TNO, 1997. Estas liberações descontroladas geram os chamados efeitos físicos dos acidentes (sobrepessão, fluxo térmico e nuvens de gases tóxicos) que potencialmente podem gerar danos às pessoas e/ou instalações. A extensão dos possíveis danos é delimitada pela intensidade do efeito físico causador do dano, sendo que a relação entre a intensidade do efeito físico e o dano correspondente fica estabelecido por meio dos modelos de vulnerabilidade. As consequências dos eventos iniciadores foram calculadas pelo programa PHAST RISK 6.7 da DNV.

Os dados de entrada do programa são: os dados meteorológicos da região em análise e propriedades físico químicas de cada evento (temperatura, pressão, volume, produto químico etc). Os valores de referência utilizados neste estudo para dados meteorológicos, tempo de vazamento, níveis de radiação térmica, sobrepressão e concentração inflamável são baseados na instrução técnica da CETESB, 2003. Esta referência foi selecionada pois se apresenta de forma mais completa e em geral é utilizada como base para os demais estados no desenvolvimento de suas instruções técnicas de análise de riscos. Os valores de referência são apresentados a seguir:

a) Dados meteorológicos:

Período diurno:

- temperatura ambiente: 25 oC;
- velocidade do vento: 3,0 m/s;

- categoria de estabilidade atmosférica: C;
- umidade relativa do ar: 80 %;
- direção do vento: considerar a distribuição uniforme (12,5 %) em oito direções.

Período noturno:

- temperatura ambiente: 20 oC;
- velocidade do vento: 2,0 m/s;
- categoria de estabilidade atmosférica: E;
- umidade relativa do ar: 80 %;
- direção do vento: considerar a distribuição uniforme (12,5 %) em oito direções.

b) Tempo de vazamento: 10 minutos

c) Efeitos de Radiação térmica:

- 12,5 kW/m²: 1% de fatalidade em 30 s
- 37,5 kW/m²: 1% de fatalidade em 20 s

d) Efeitos de Sobrepressão:

- 0,1 bar: Danos reparáveis às estruturas (1 % fatalidade das pessoas expostas)
- 0,3 bar: Danos graves às estruturas (50 % fatalidade das pessoas expostas)

e) Efeitos de Incêndio em Nuvem:

- LII (Limite Inferior de Inflamabilidade): - 100% de fatalidade

f) Efeitos de Nuvem Tóxica:

- LC1-10: 1% de fatalidade em 10 minutos de exposição
- LC50-10: 50% de fatalidade em 10 minutos de exposição

Os efeitos simulados pelo programa PHAST RISK 6.7 da DNV por ser um dado de base para o desenvolvimento desta análise e não o foco principal optou-se por não apresentar os alcances obtidos.

4.4 Apresentação do Arranjo para Análise dos Riscos

Conforme mencionado no item 2.2.1 o programa PHAST RISK 6.7 se baseia no layout da instalação e numa definição de malha de cálculo para a área da instalação, calculando os riscos por célula da malha de cálculo. Este item visa apresentar o layout utilizado no programa PHAST RISK 6.7 para o cálculo do risco social.

Tendo em vista que as diferentes refinarias podem apresentar diferentes arranjos para suas unidades optou-se por desenvolver um arranjo padrão para o cálculo de risco para as unidades selecionadas, desta forma os resultados poderão ser utilizados por qualquer empresa independente do arranjo de suas unidades.

A Figura 4-1 abaixo apresenta o arranjo utilizado como base para o cálculo do risco social. Como pode ser observado a unidade é representada no centro da figura e as curvas representam as distâncias onde podem estar localizadas as populações no entorno na unidade.

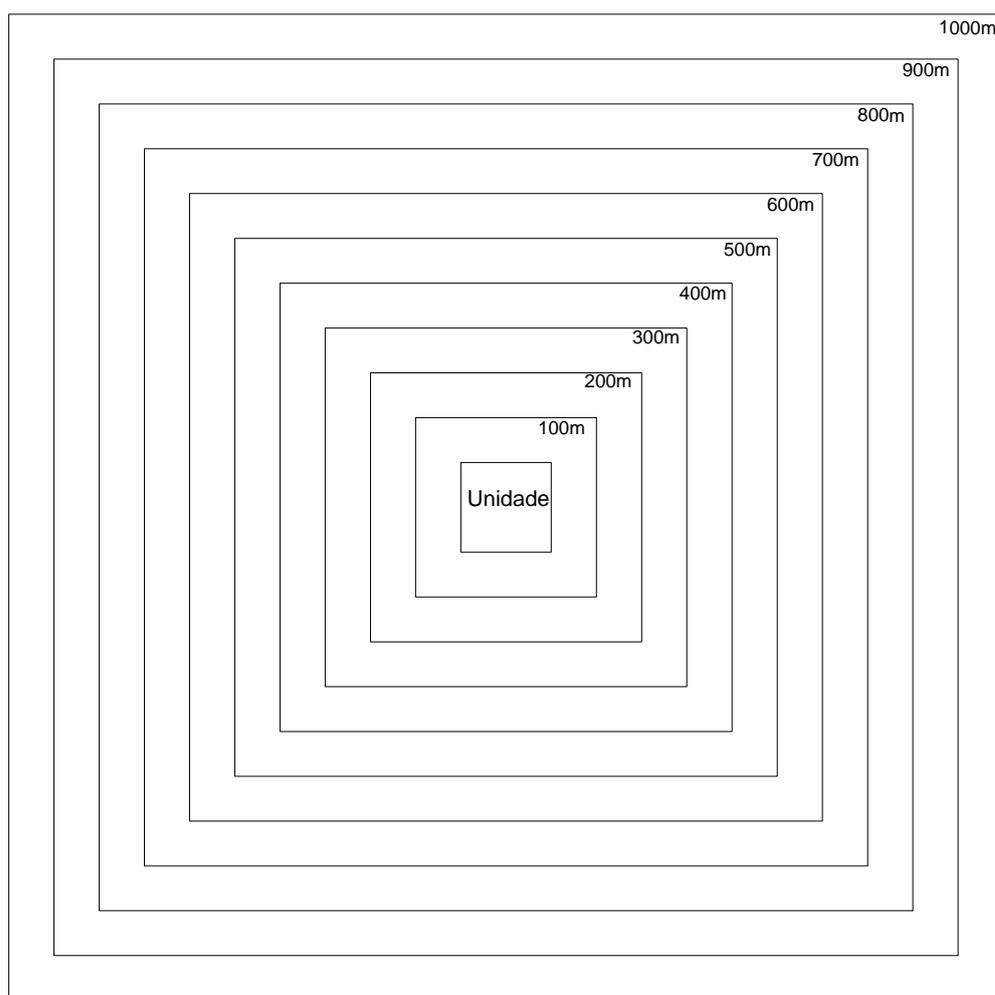


Figura 4-1 - Arranjo utilizado como base para o cálculo do risco social

Para efeito de cálculo do risco social a população foi distribuída em apenas um dos lados da unidade considerando que o acúmulo de pessoas ocorre mais facilmente nesta conformação do que homogeneamente distribuído em todo o seu redor.

Os cálculos foram realizados para diferentes grupos de pessoas em cada uma das distâncias, ou seja, entre 100 e 200 m, entre 200 e 300m e assim por diante, até 1000m de forma a obter um risco social para cada distância e para cada população, sendo esta última variável entre 100 pessoas e 1000 pessoas com intervalos iguais de 100 pessoas. Os resultados do risco social são apresentados graficamente em forma de curvas F-N conforme exemplo da Figura 4-2 abaixo para cada distância de interesse.

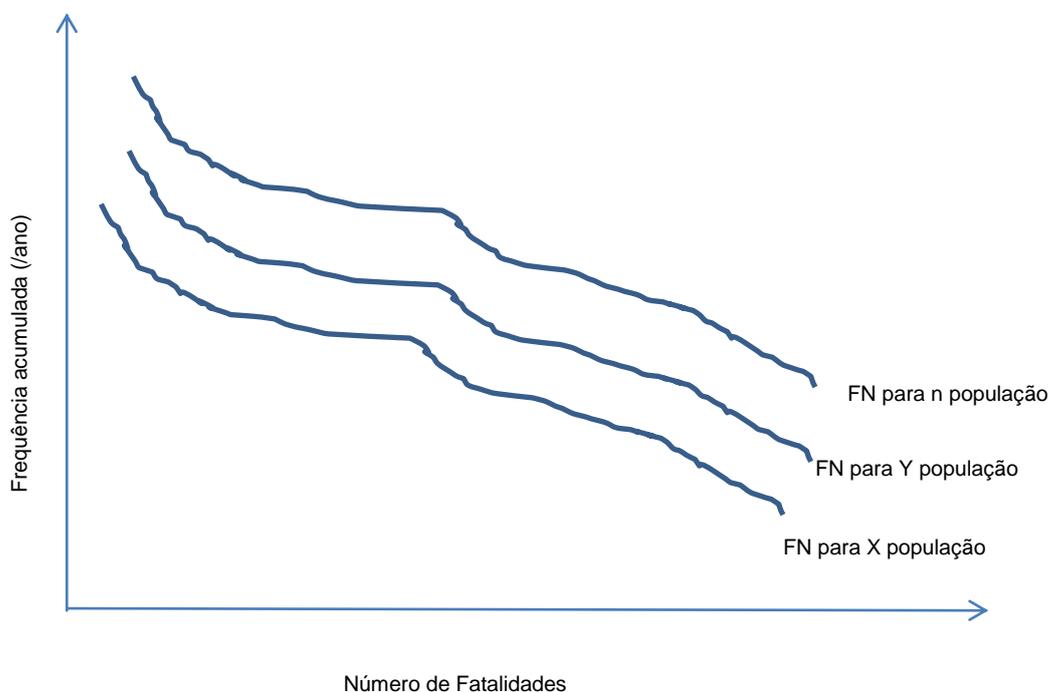


Figura 4-2 - Exemplo de resultado esperado para as curvas de risco social

4.5 Resultados do Risco Social e Comparação com o Critério de Aceitabilidade

Este item apresenta os resultados do risco social através das curvas FN conforme metodologia apresentada no item 2.2.1. Aqui serão apresentados os resultados para as unidades selecionadas: Unidade de Destilação, Unidade de Hidrotratamento Catalítico, Unidade de Geração de Hidrogênio, Unidade de Reforma Catalítica e Parque de Esferas.

Para cada unidade são apresentadas curvas FN para populações alocadas a 100m de distância da unidade, a 200m e assim por diante até 1000m, assim são apresentadas no máximo 10 figuras para cada unidade. Para algumas unidades não foram obtidos resultados para todas as distâncias ou as curvas atingiram a região de risco negligenciável em distâncias menores que 1000m. Cada gráfico de curva FN apresenta diferentes curvas para 10 populações, apresentadas como Combinação 1 correspondente a 100 pessoas, Combinação 2 correspondente a 200 pessoas e assim por diante até a Combinação 10 correspondente a 1000 pessoas, cada uma sinalizada com uma cor específica.

Os resultados da Unidade de Destilação estão apresentados nas figuras abaixo, da Unidade de Destilação desde a Figura 4-3 a Figura 4-9, da Unidade de Hidrotratamento Catalítico desde a Figura 4-10 a Figura 4-13, da Unidade de Geração de Hidrogênio desde a Figura 4-14 a Figura 4-20, da Unidade de Reforma Catalítica desde a Figura 4-21 a Figura 4-28 e do Parque de Esferas desde a Figura 4-29 a Figura 4-33. Note que cada figura contém as linhas representativas dos limiares de risco impostos pelo critério de aceitabilidade da CETESB conforme apresentado na Figura 2-9. Essas linhas dividem as regiões de Risco Intolerável (região superior), Risco ALARP (região intermediária) e Risco Negligenciável (região inferior).

a) Resultados para a Unidade de Destilação

Para a Unidade de Destilação os resultados de Risco Social aparecem apenas até a distância de 600 m, para 700 m e distâncias maiores não foram obtidos resultados de risco social conforme apresentados nas figuras abaixo, Figura 4-3 a Figura 4-9. Os resultados se apresentam inicialmente na região inaceitável e

conforme a população de afasta, ou seja, conforme se aumenta a distância em relação a unidade, essas curvas se movem em direção a região ALARP.

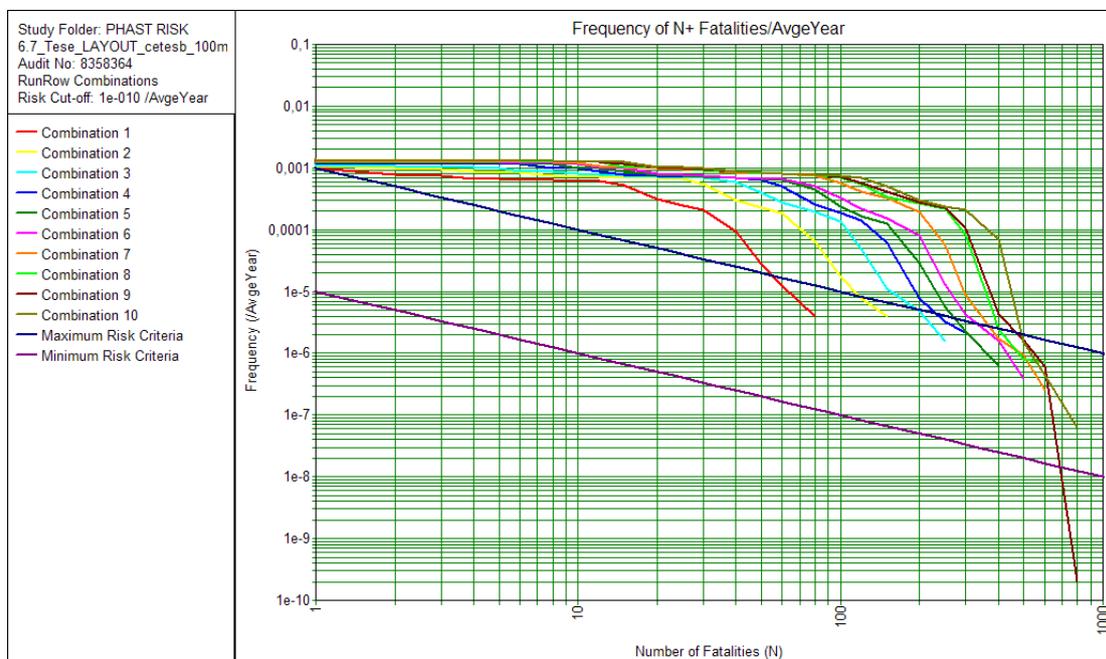


Figura 4-3 - Unidade de Destilação – Curva FN para 100m. Fonte: Phast Risk 6.7.

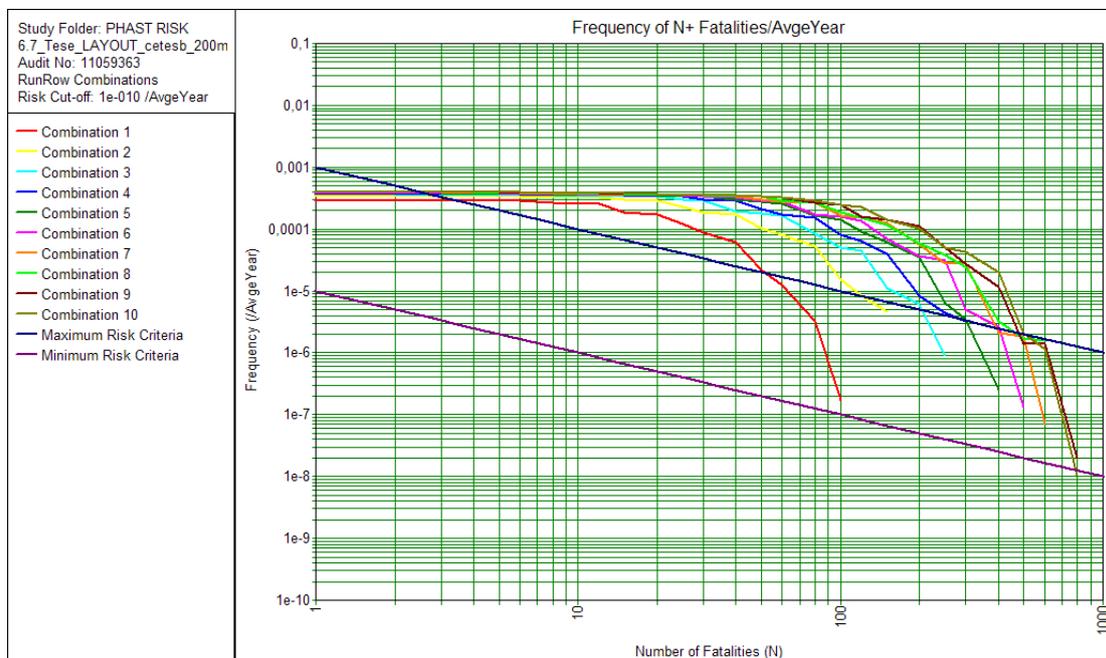


Figura 4-4 - Unidade de Destilação – Curva FN para 200m. Fonte: Phast Risk 6.7.

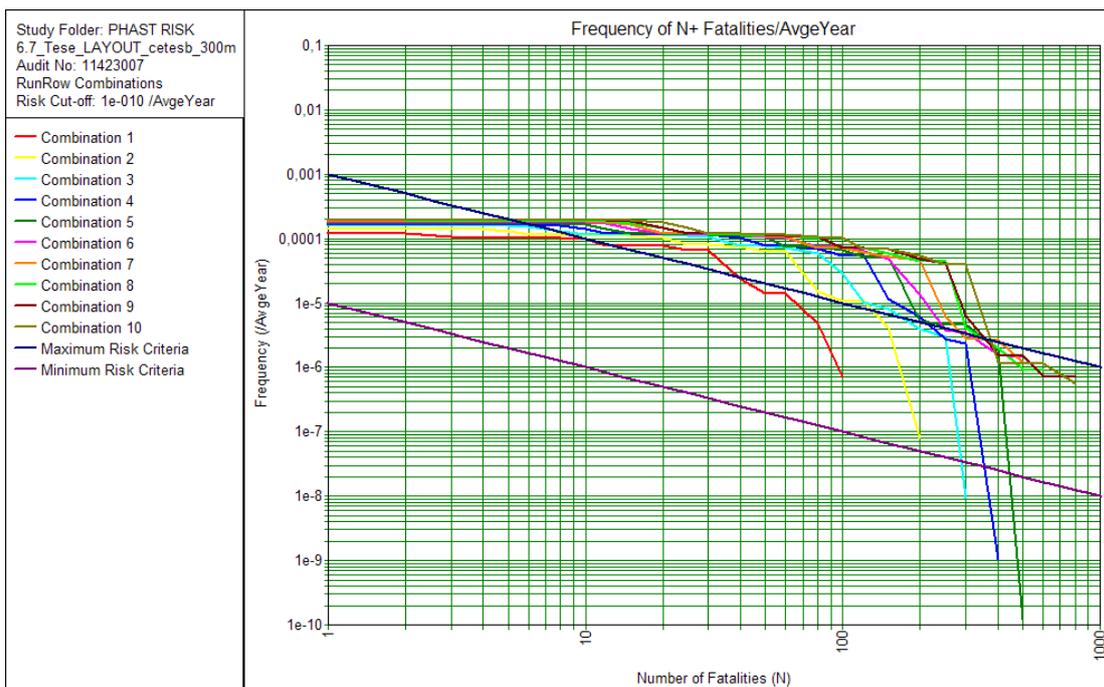


Figura 4-5 - Unidade de Destilação – Curva FN para 300m. Fonte: Phast Risk 6.7.

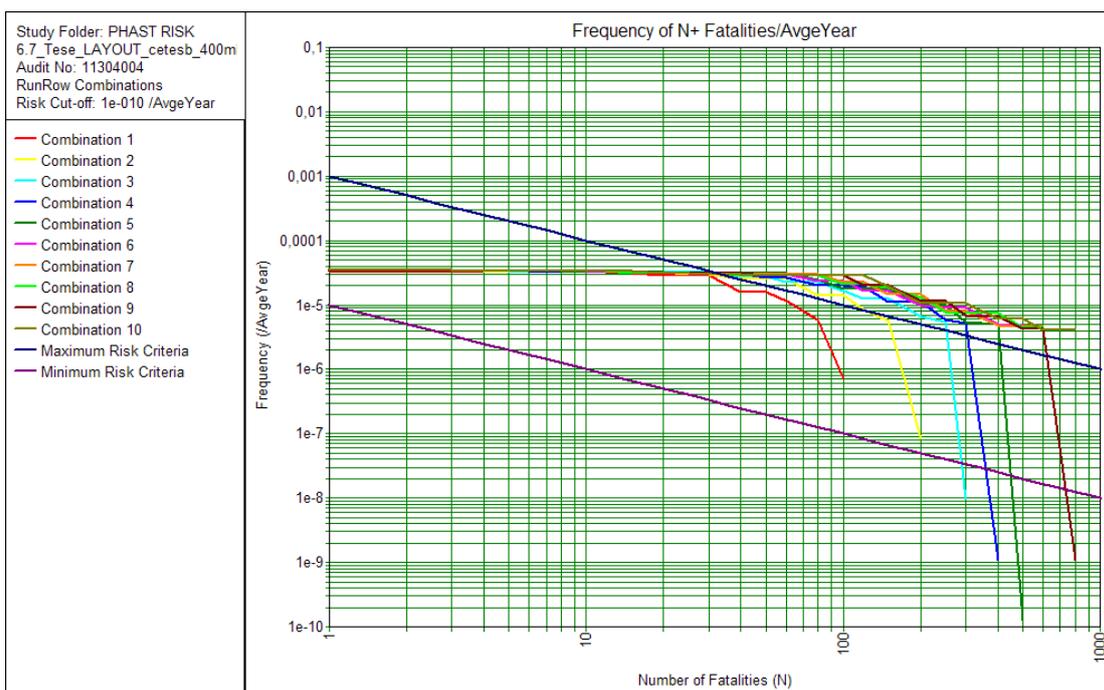


Figura 4-6 - Unidade de Destilação – Curva FN para 400m. Fonte: Phast Risk 6.7.

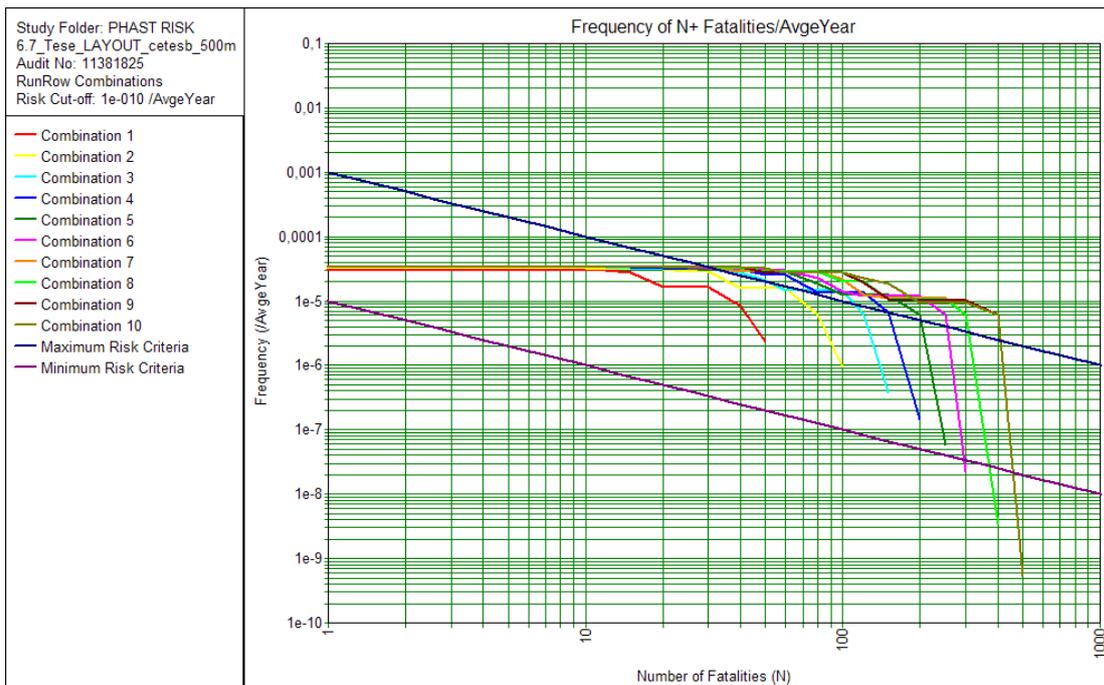


Figura 4-7- Unidade de Destilação – Curva FN para 500m. Fonte: Phast Risk 6.7.

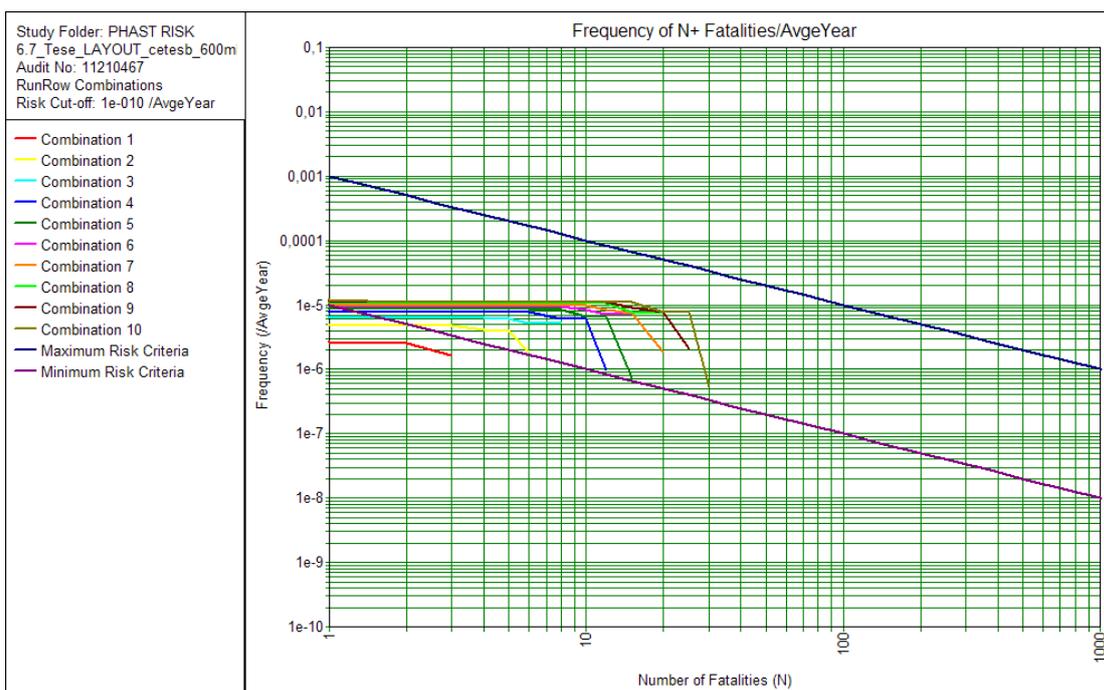


Figura 4-8 - Unidade de Destilação – Curva FN para 600m. Fonte: Phast Risk 6.7.

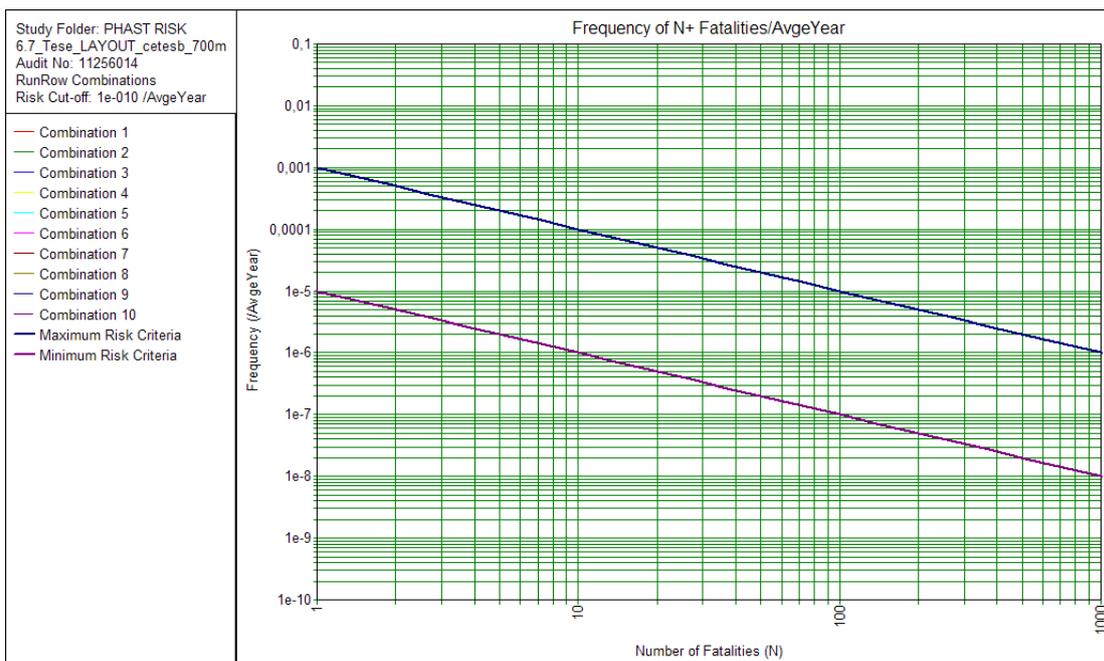


Figura 4-9 - Unidade de Destilação – Curva FN para 700m. Fonte: Phast Risk 6.7.

b) Resultados para a Unidade de Hidrotratamento

Para a Unidade de Hidrotratamento os resultados de Risco Social atingem a região de risco tolerável na distância de 400 m, Figura 4-13. Os resultados se apresentam inicialmente na região ALARP e conforme a população de afasta, ou seja, conforme se aumenta a distância em relação a unidade, essas curvas se movem em direção a região de Risco Negligenciável, a partir de 300m.

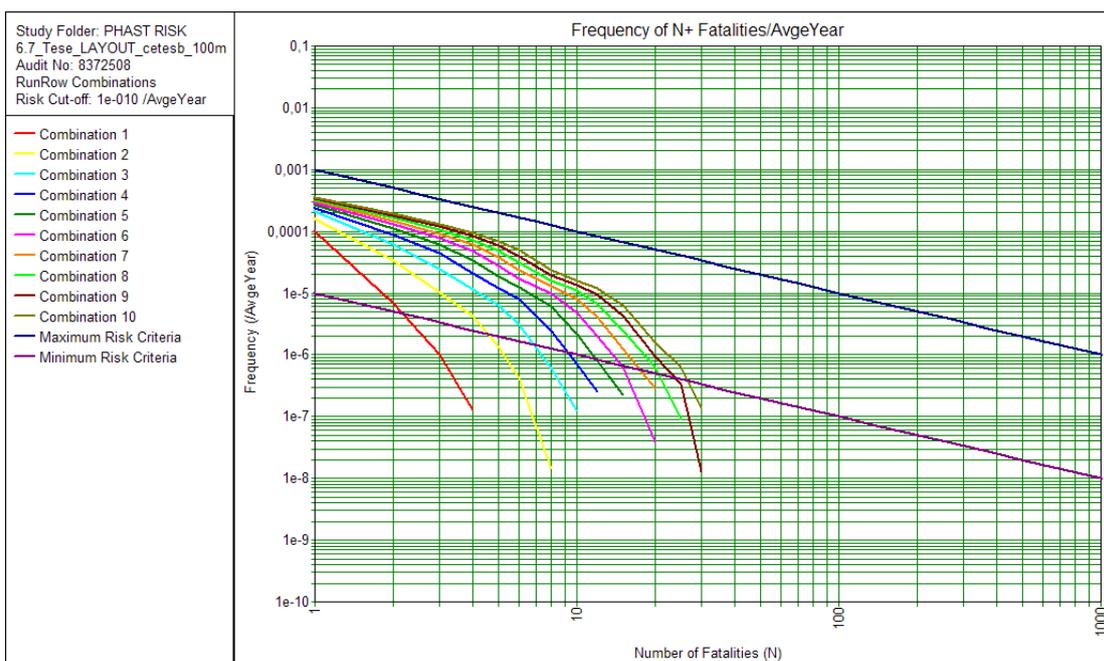


Figura 4-10 - Unidade de Hidrotratamento – Curva FN para 100m. Fonte: Phast Risk 6.7.

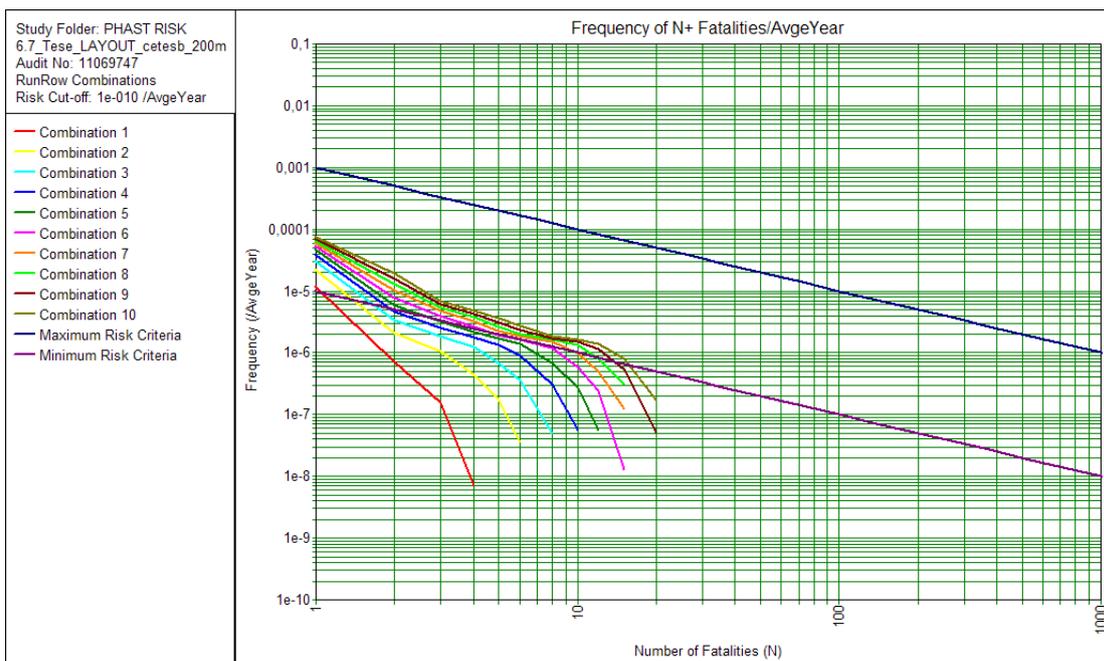


Figura 4-11- Unidade de Hidrotratamento – Curva FN para 200m. Fonte: Phast Risk 6.7.

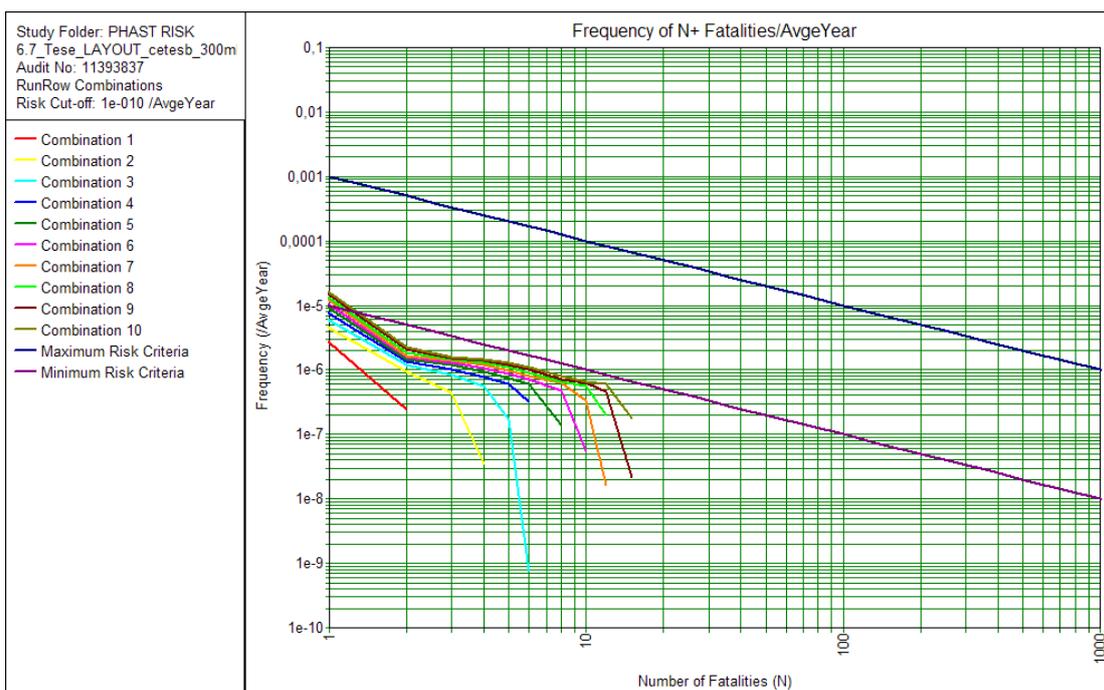


Figura 4-12 - Unidade de Hidrotratamento – Curva FN para 300m. Fonte: Phast Risk 6.7.

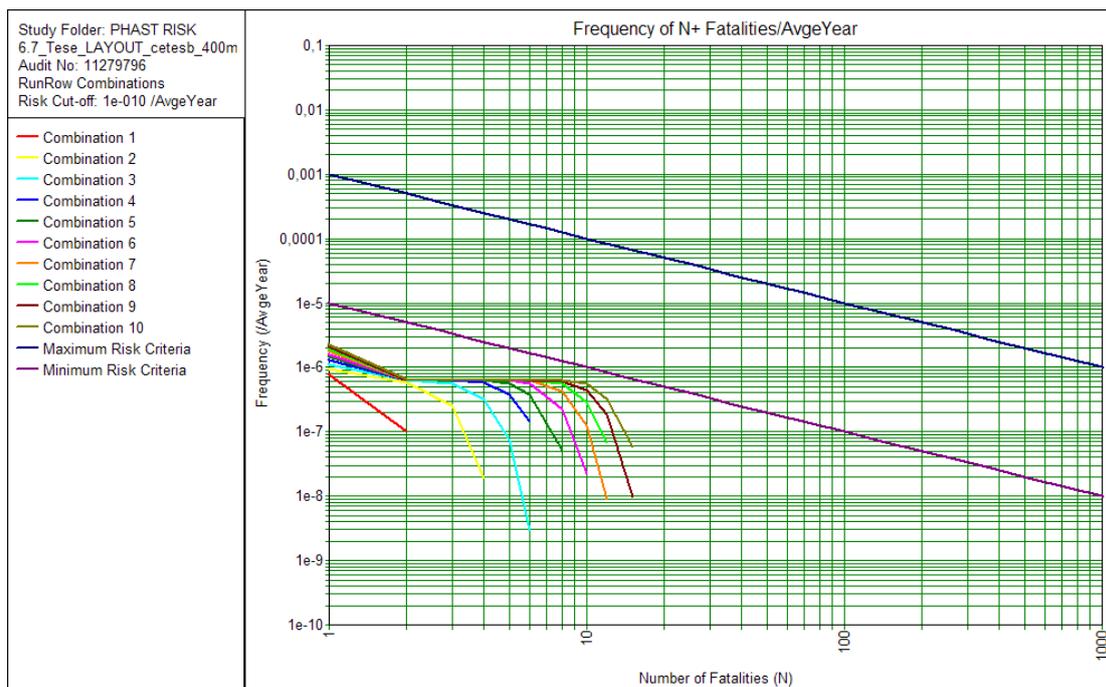


Figura 4-13- Unidade de Hidrotratamento – Curva FN para 400m. Fonte: Phast Risk 6.7.

c) Resultados para a Unidade de Geração de Hidrogênio

Para a Unidade de Geração de Hidrogênio os resultados de Risco Social aparecem apenas até a distância de 600 m, para 700 m e distâncias maiores não foram obtidos resultados de risco social conforme apresentados nas figuras abaixo, Figura 4-14 a Figura 4-20. Os resultados se apresentam inicialmente na região inaceitável e conforme a população se afasta, ou seja, conforme se aumenta a distância em relação a unidade, essas curvas se movem em direção a região ALARP.

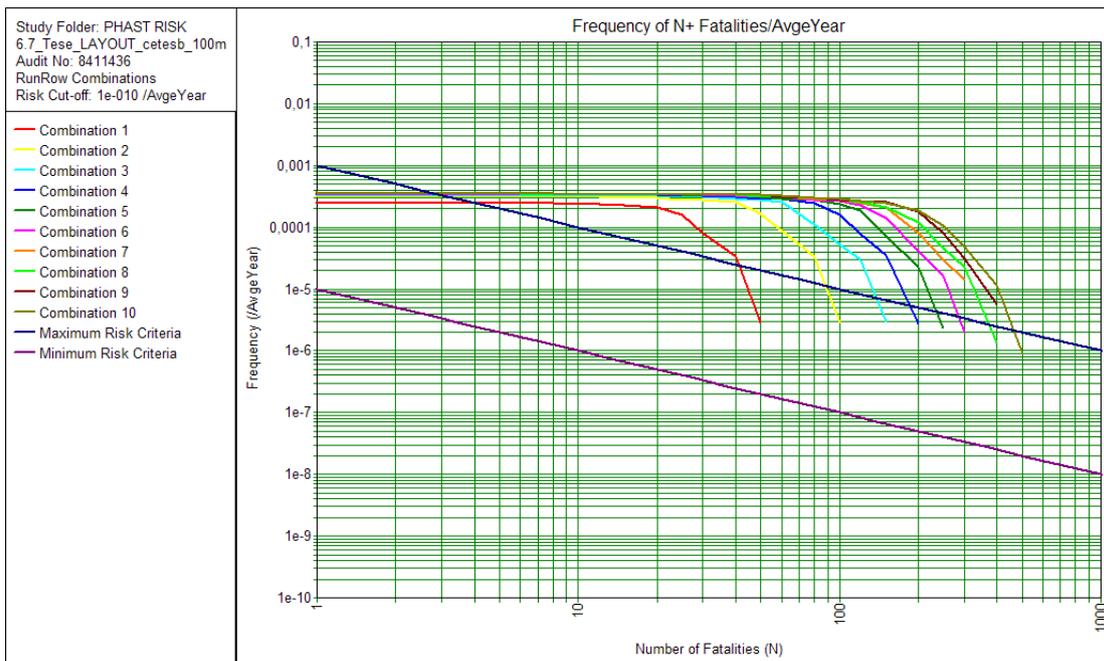


Figura 4-14 - Unidade de Geração de Hidrogênio – Curva FN para 100m. Fonte: Phast Risk 6.7.

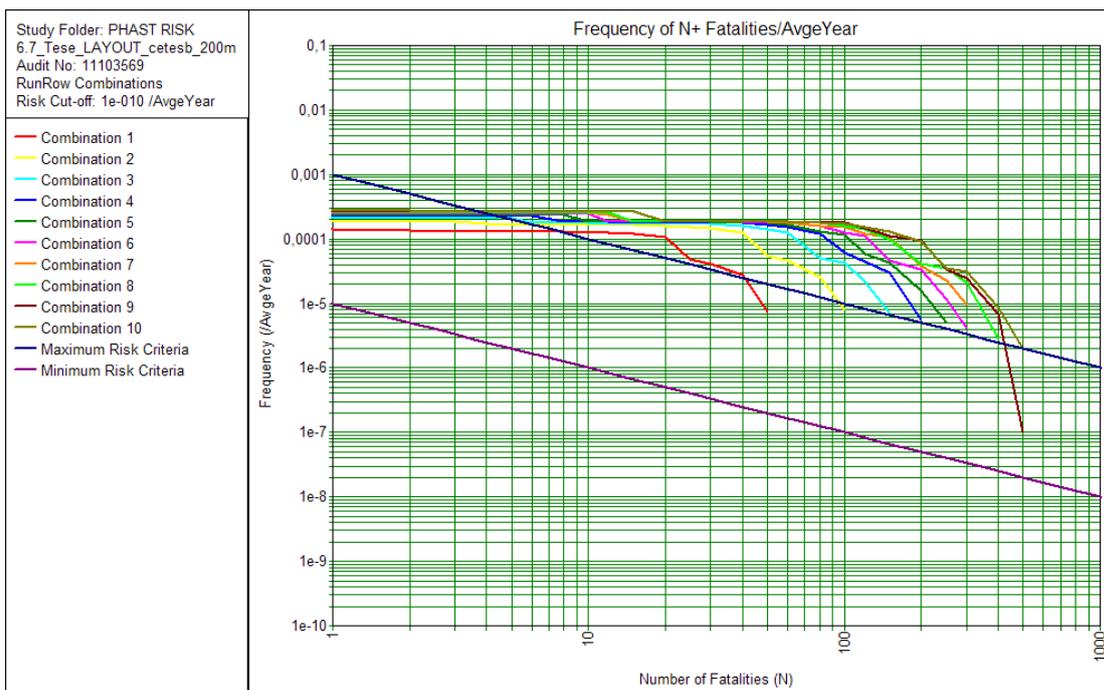


Figura 4-15 - Unidade de Geração de Hidrogênio – Curva FN para 200m. Fonte: Phast Risk 6.7.

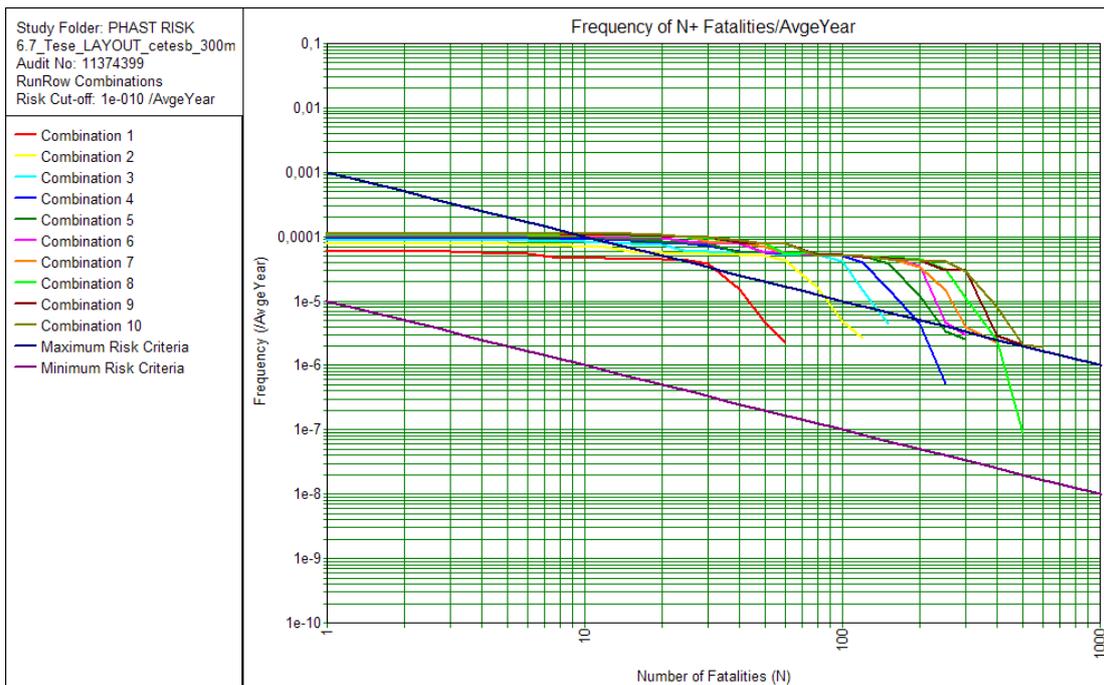


Figura 4-16 - Unidade de Geração de Hidrogênio – Curva FN para 300m. Fonte: Phast Risk 6.7.

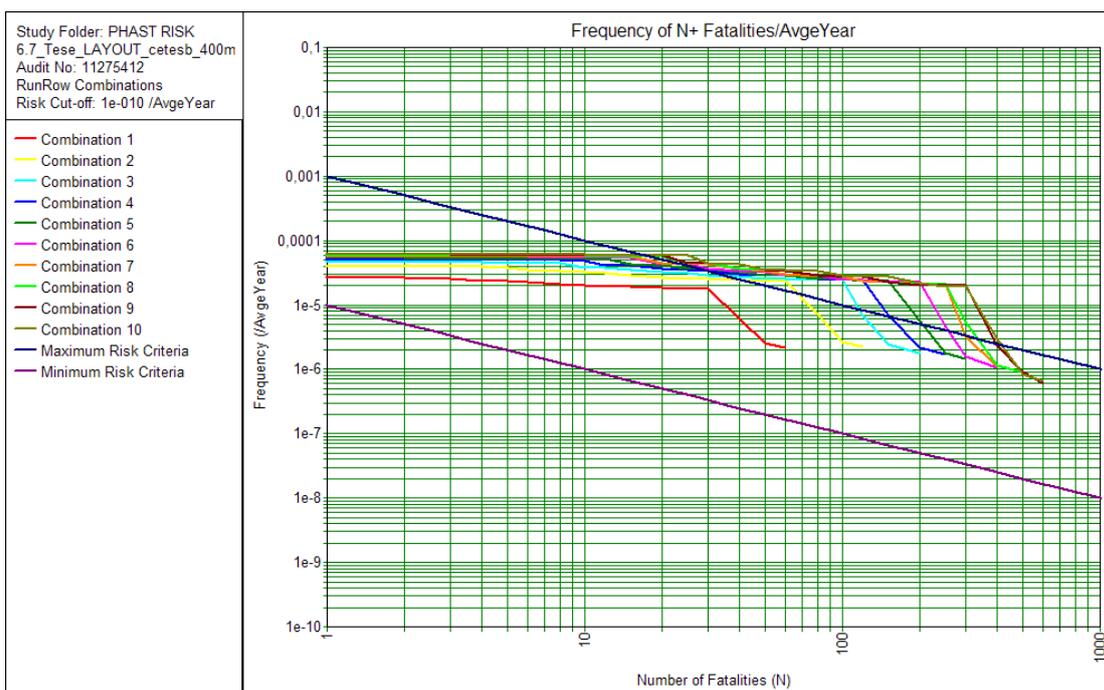


Figura 4-17 - Unidade de Geração de Hidrogênio – Curva FN para 400m. Fonte: Phast Risk 6.7.

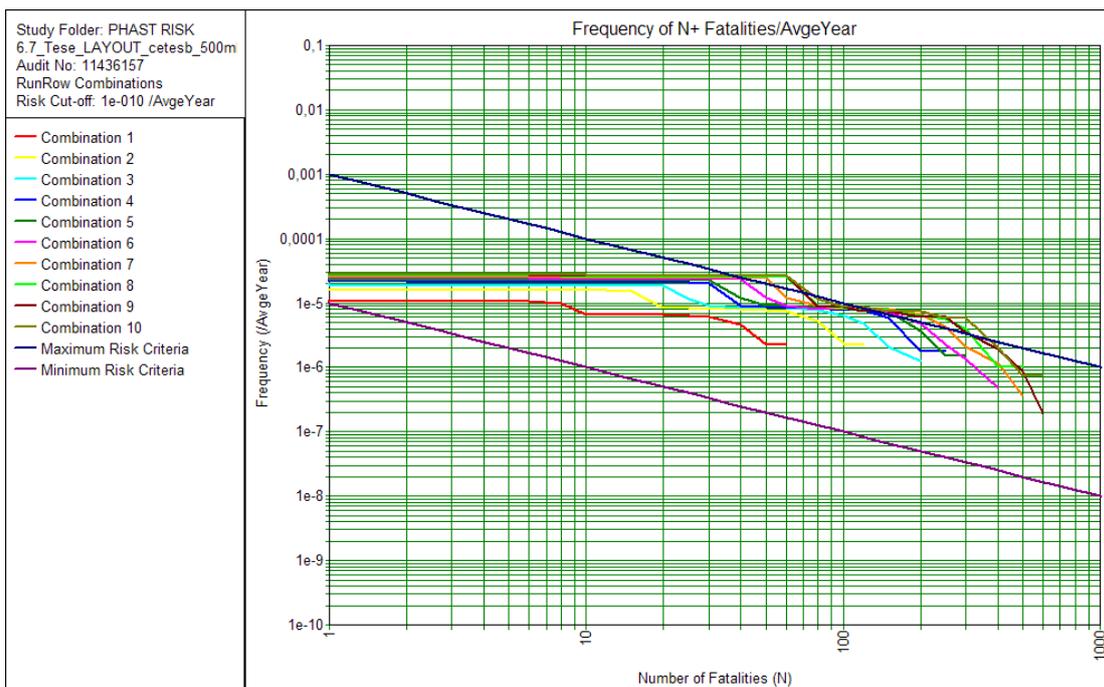


Figura 4-18 - Unidade de Geração de Hidrogênio – Curva FN para 500m. Fonte: Phast Risk 6.7.

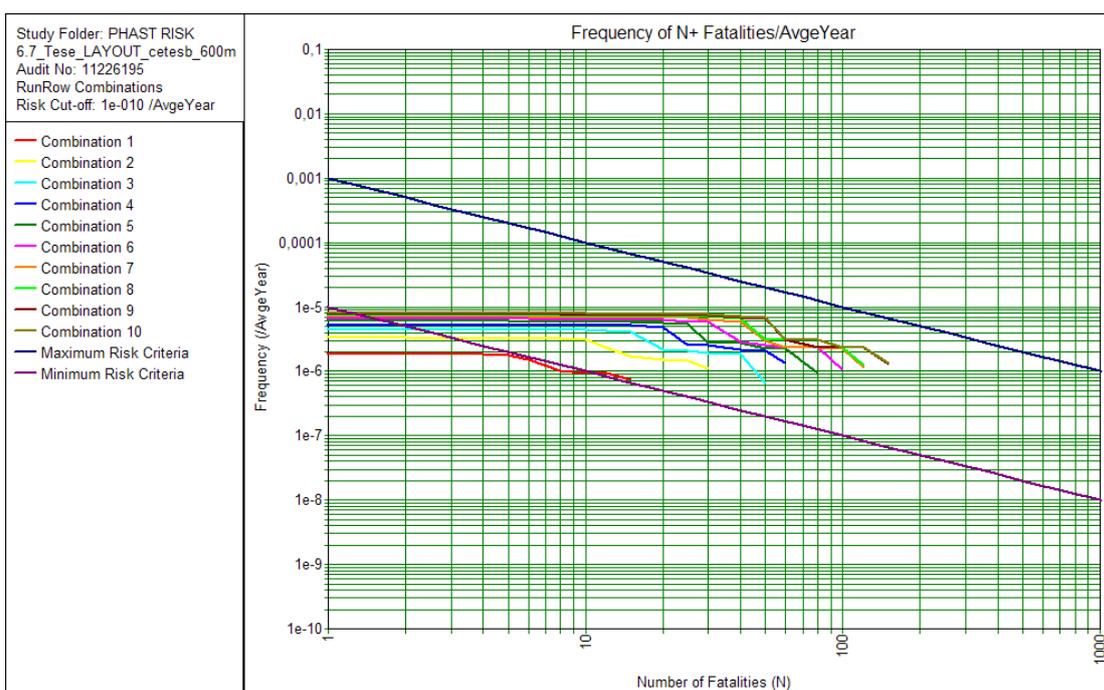


Figura 4-19 - Unidade de Geração de Hidrogênio – Curva FN para 600m. Fonte: Phast Risk 6.7.

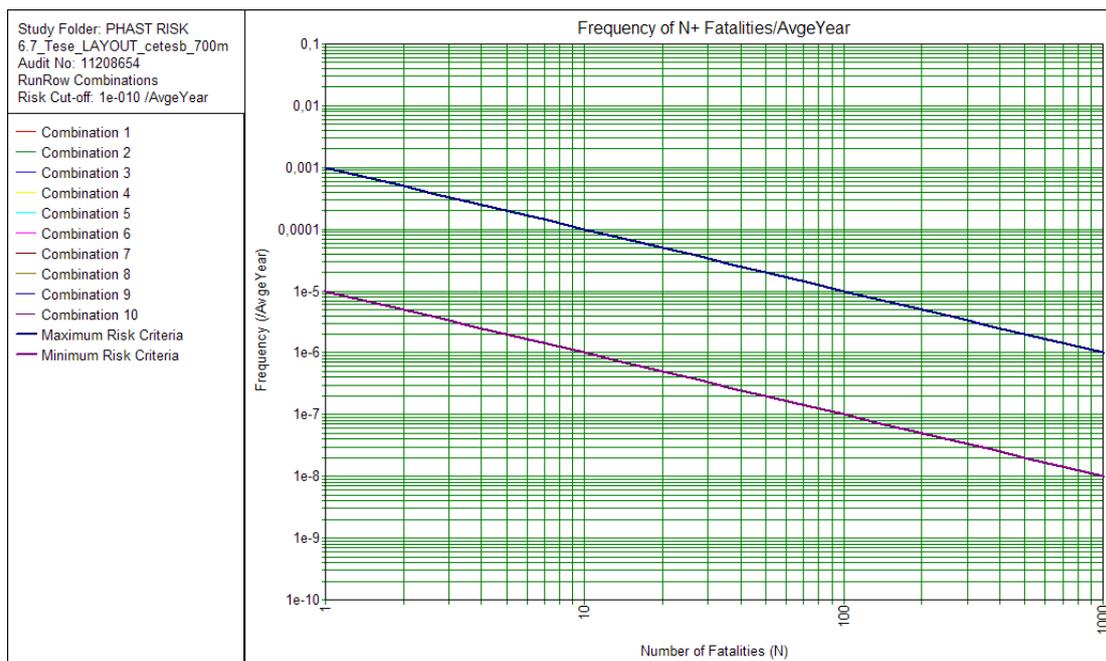


Figura 4-20 - Unidade de Geração de Hidrogênio – Curva FN para 700m. Fonte: Phast Risk 6.7.

d) Resultados para a Unidade de Reforma Catalítica

Para a Unidade de Reforma Catalítica os resultados de Risco Social se apresentaram até 800m quando se encontra totalmente na região negligenciável, conforme apresentados nas figuras abaixo, Figura 4-21 a Figura 4-28. Os resultados se apresentam inicialmente na região ALARP e conforme a população de afasta, ou seja, conforme se aumenta a distância em relação a unidade, essas curvas se movem em direção a região de Risco Negligenciável. A partir de 700m o risco está praticamente todo na região de Risco Negligenciável, exceto para a população de 1000 pessoas expostas.

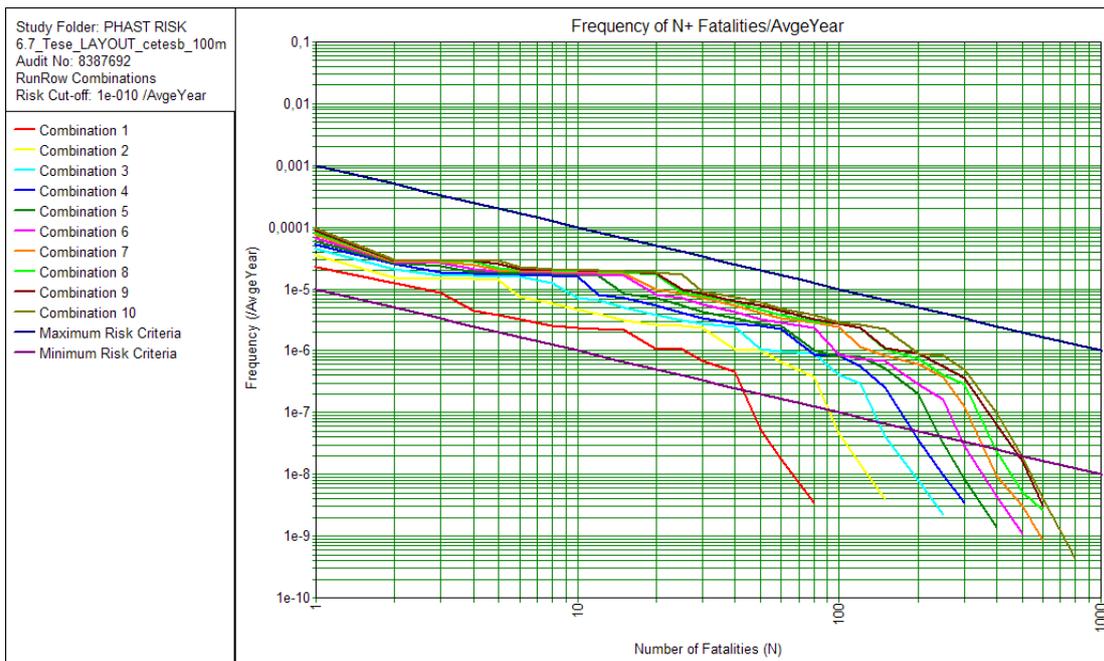


Figura 4-21 - Unidade de Reforma Catalítica – Curva FN para 100m. Fonte: Phast Risk 6.7.

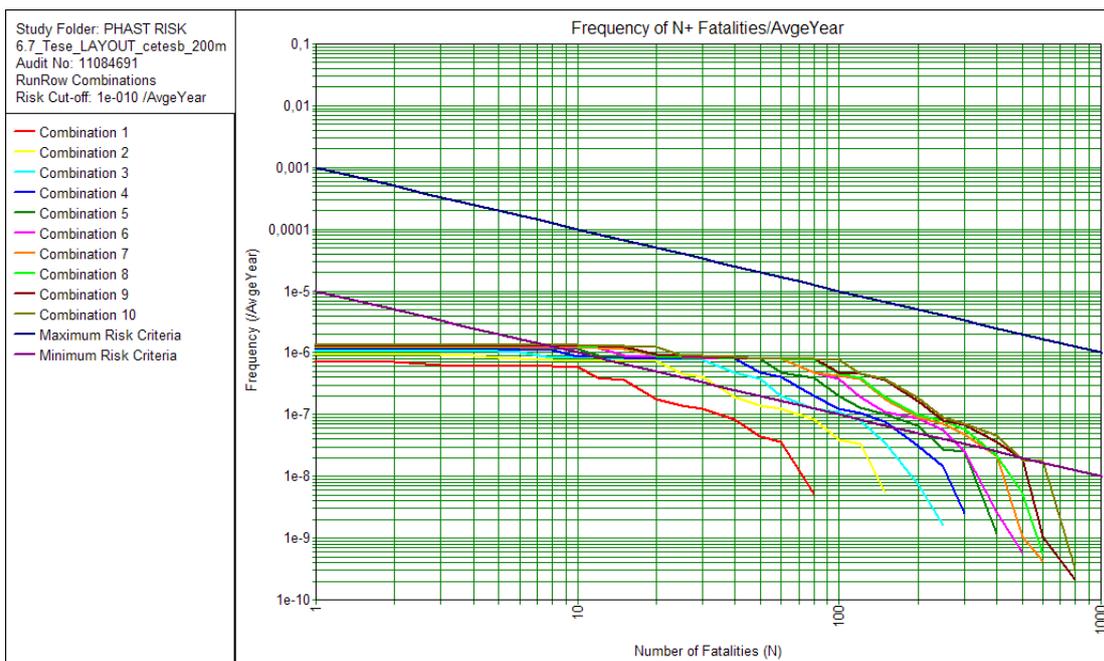


Figura 4-22 - Unidade de Reforma Catalítica – Curva FN para 200m. Fonte: Phast Risk 6.7.

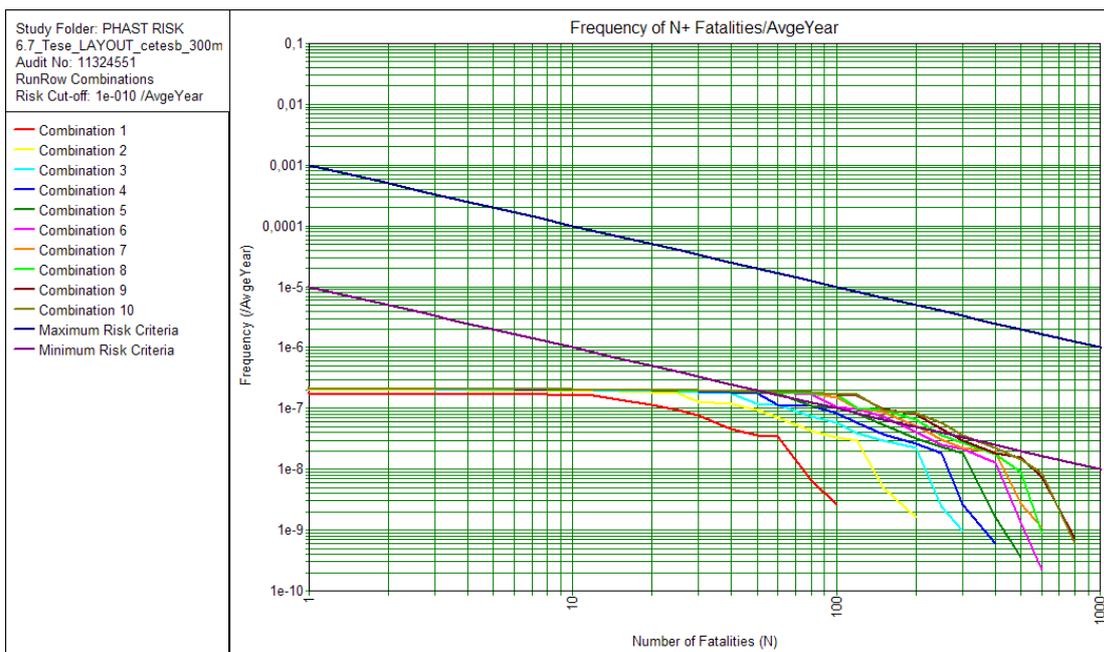


Figura 4-23 - Unidade de Reforma Catalítica – Curva FN para 300m. Fonte: Phast Risk 6.7.

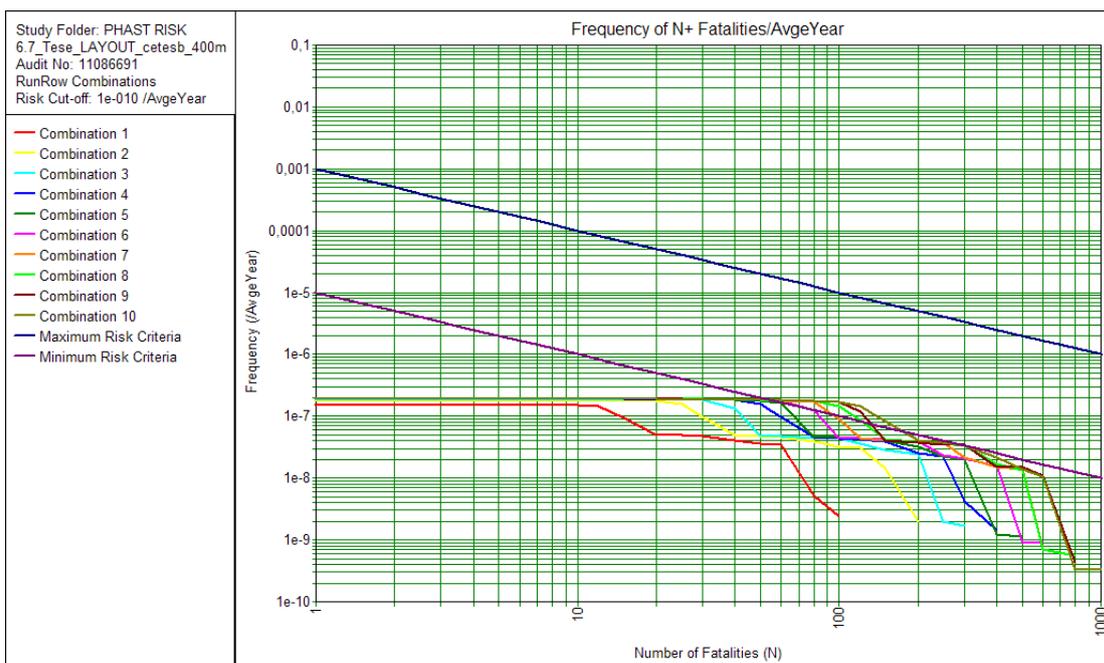


Figura 4-24 - Unidade de Reforma Catalítica – Curva FN para 400m. Fonte: Phast Risk 6.7.

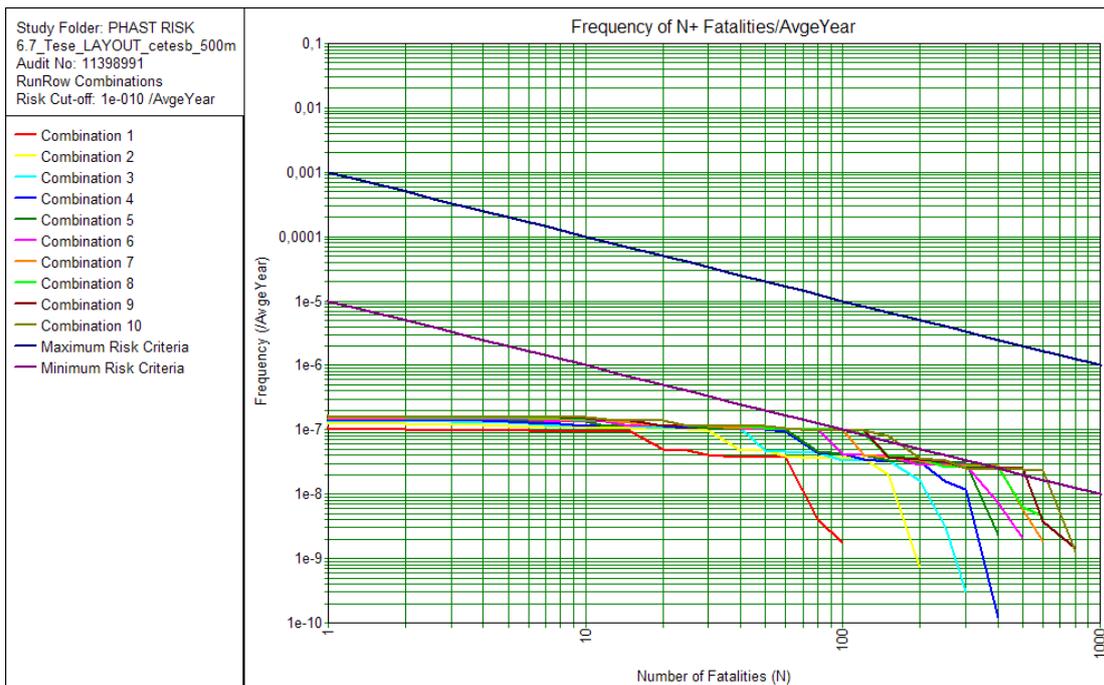


Figura 4-25 - Unidade de Reforma Catalítica – Curva FN para 500m. Fonte: Phast Risk 6.7.

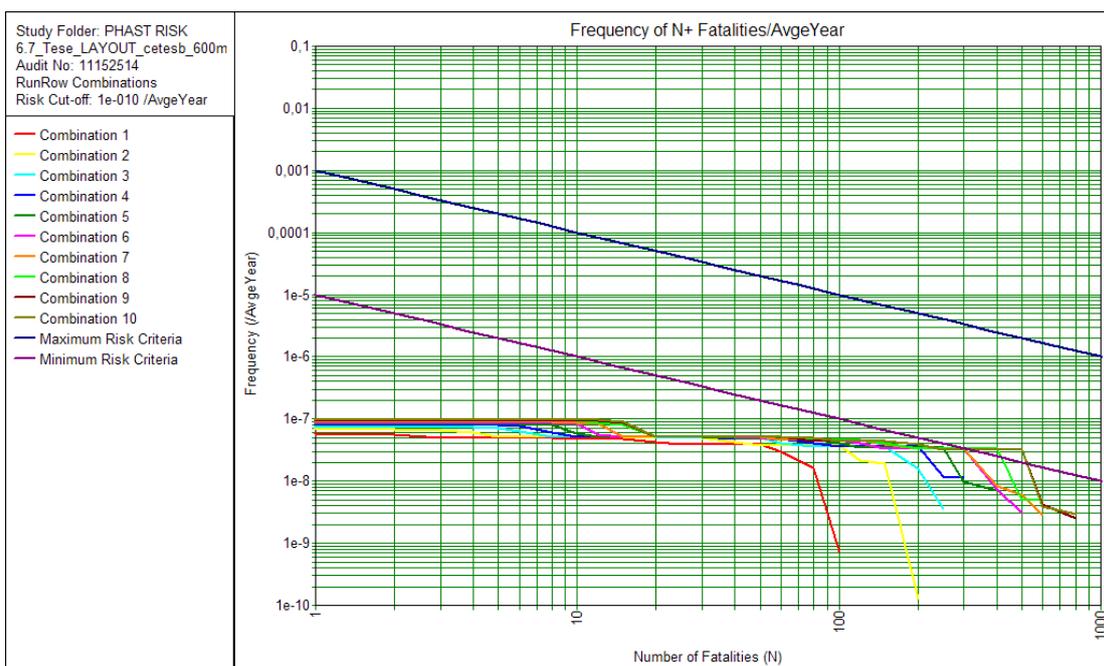


Figura 4-26 - Unidade de Reforma Catalítica – Curva FN para 600m. Fonte: Phast Risk 6.7.

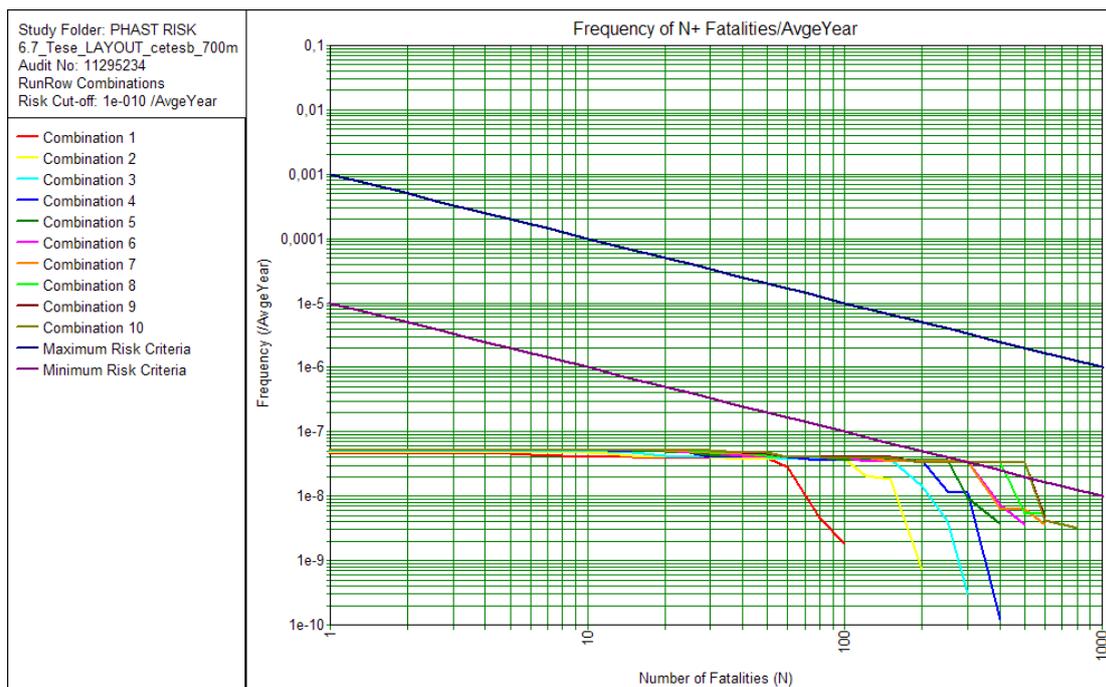


Figura 4-27 - Unidade de Reforma Catalítica – Curva FN para 700m. Fonte: Phast Risk 6.7.

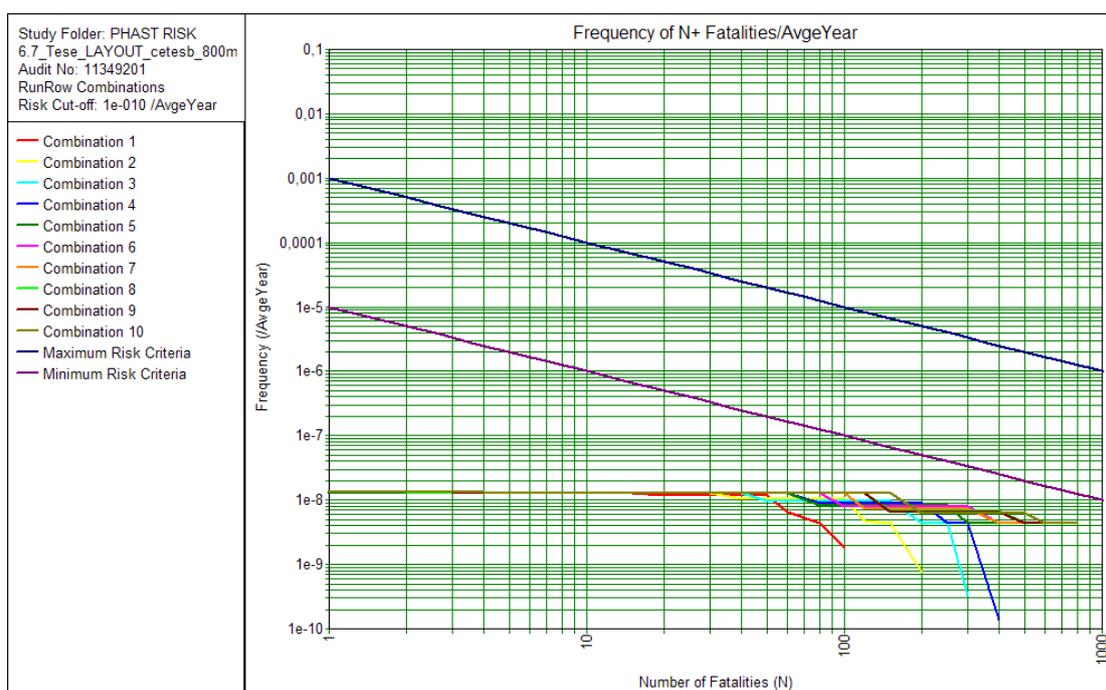


Figura 4-28 - Unidade de Reforma Catalítica – Curva FN para 800m. Fonte: Phast Risk 6.7.

e) Resultados para o Parque de Esferas

Para o Parque de Esferas os resultados de Risco Social aparecem até a distância de 1000 m conforme apresentado nas figuras abaixo, Figura 4-29 a Figura 4-38. Os resultados se apresentam inicialmente na região Intolerável e conforme a população de afasta, ou seja, conforme se aumenta a distância em relação a

unidade, essas curvas se movem em direção a região de Risco ALARP. Na distância de 1000m apenas a curva de 100 pessoas está totalmente na região de Risco Negligenciável, as demais curvas encontram-se na região ALARP.

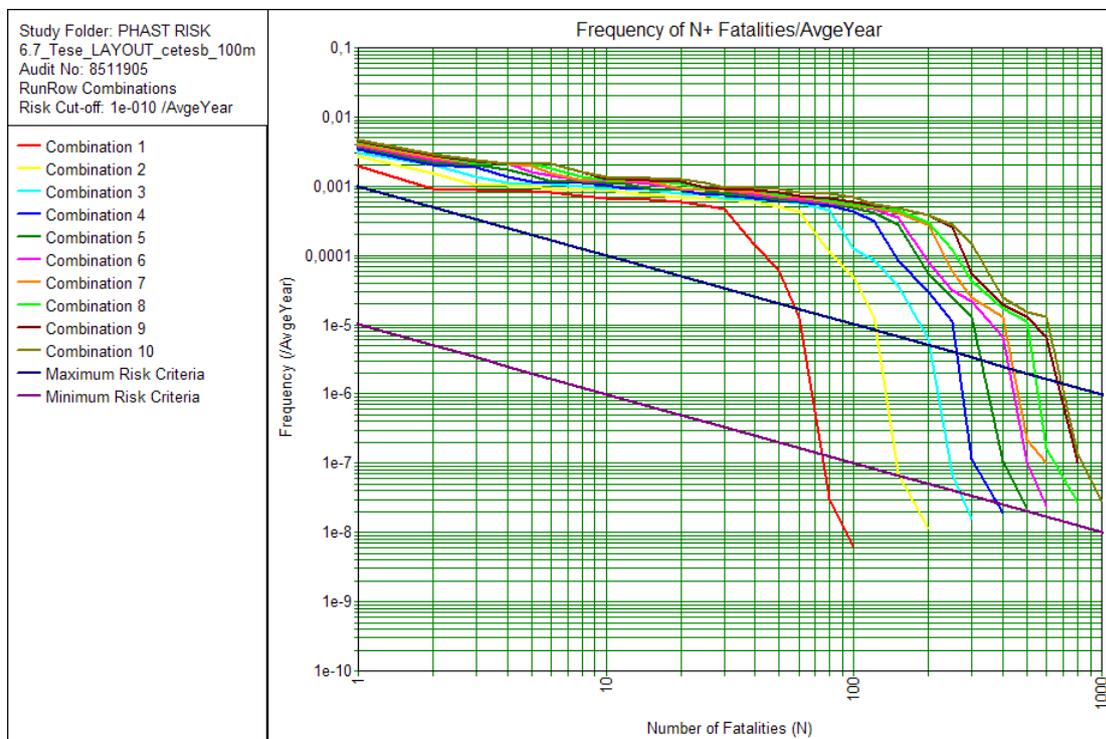


Figura 4-29 – Parque de Esferas – Curva FN para 100m. Fonte: Phast Risk 6.7.

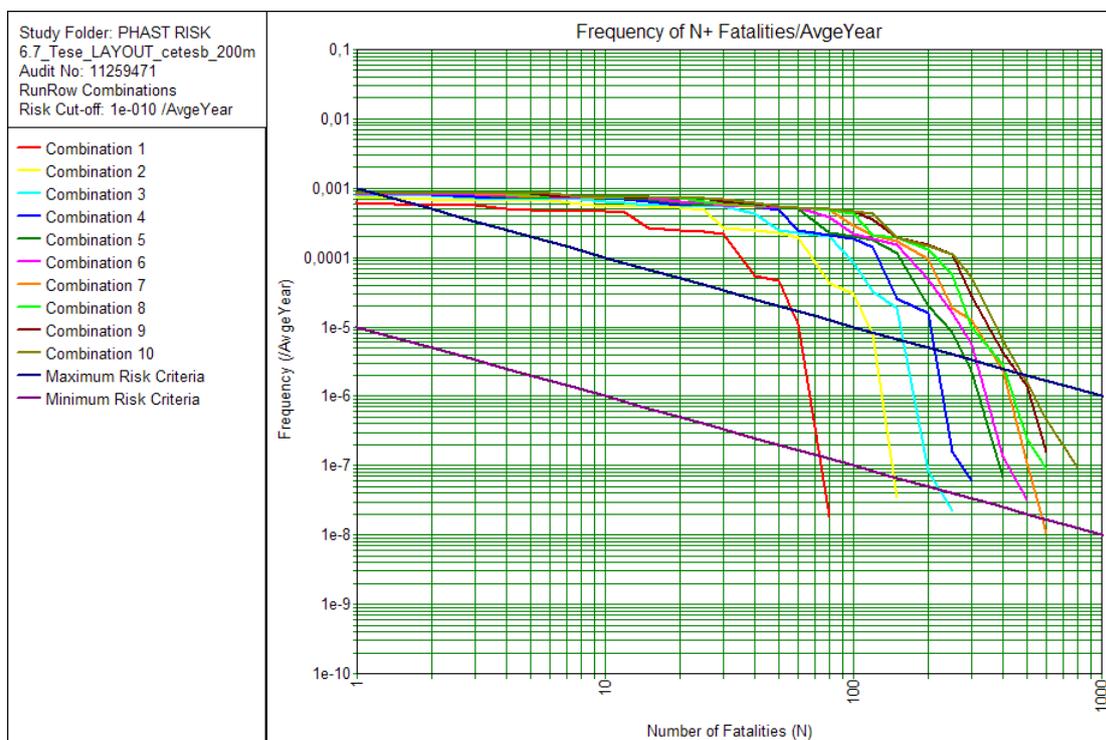


Figura 4-30 - Parque de Esferas – Curva FN para 200m. Fonte: Phast Risk 6.7.

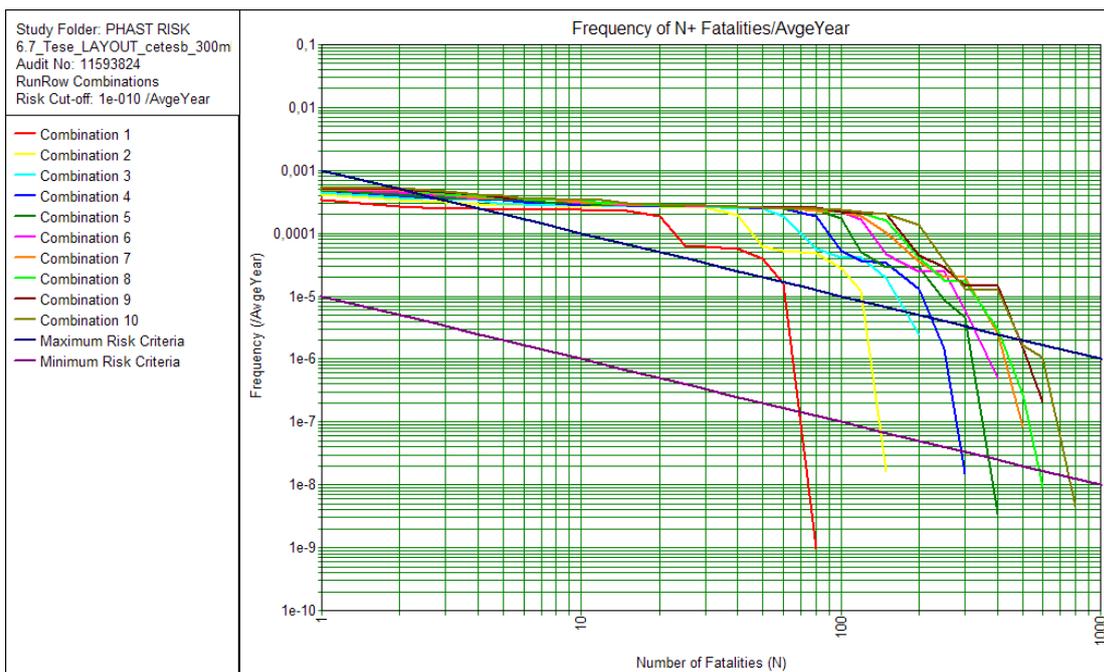


Figura 4-31 - Parque de Esferas – Curva FN para 300m. Fonte: Phast Risk 6.7.

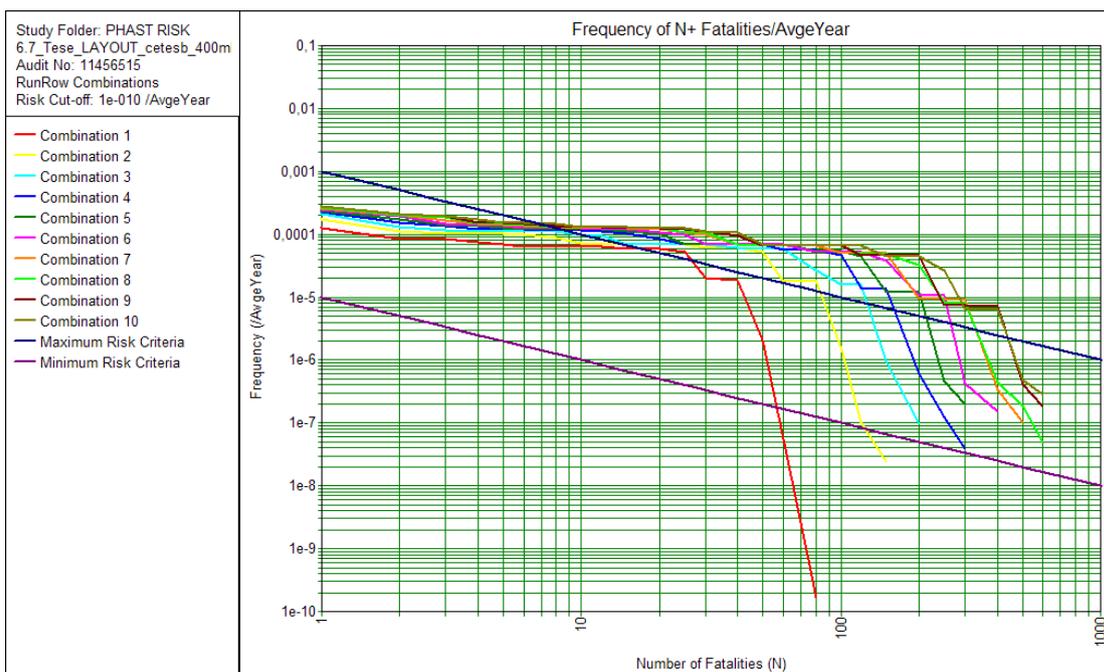


Figura 4-32 - Parque de Esferas – Curva FN para 400m. Fonte: Phast Risk 6.7.

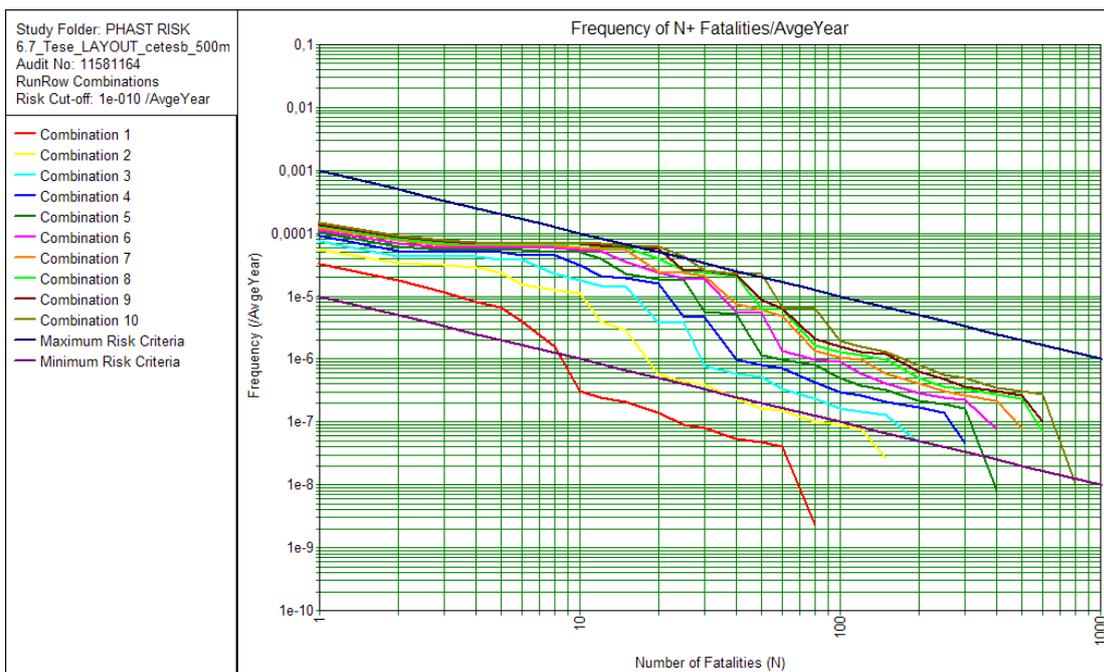


Figura 4-33 - Parque de Esferas – Curva FN para 500m. Fonte: Phast Risk 6.7.

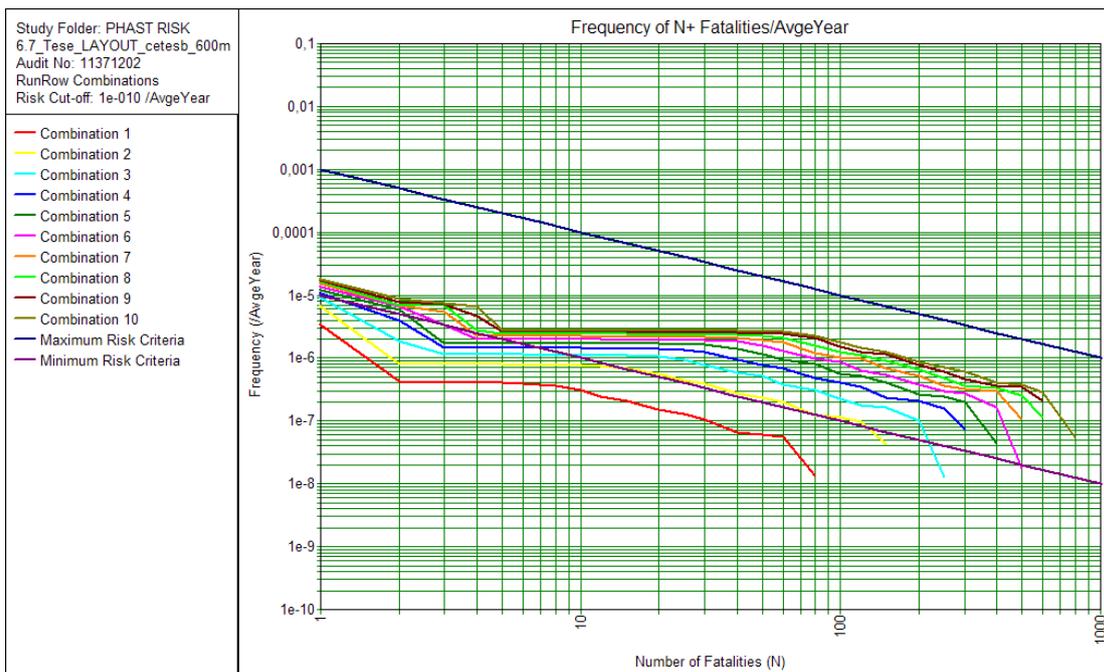


Figura 4-34 - Parque de Esferas – Curva FN para 600m. Fonte: Phast Risk 6.7.

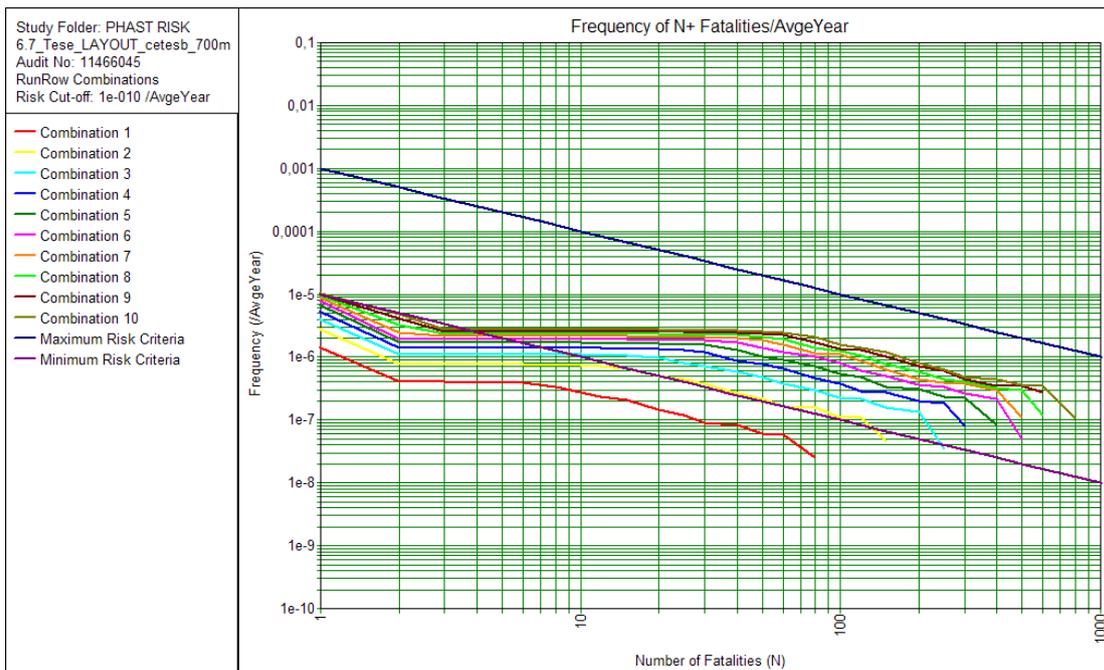


Figura 4-35 - Parque de Esferas – Curva FN para 700m. Fonte: Phast Risk 6.7.

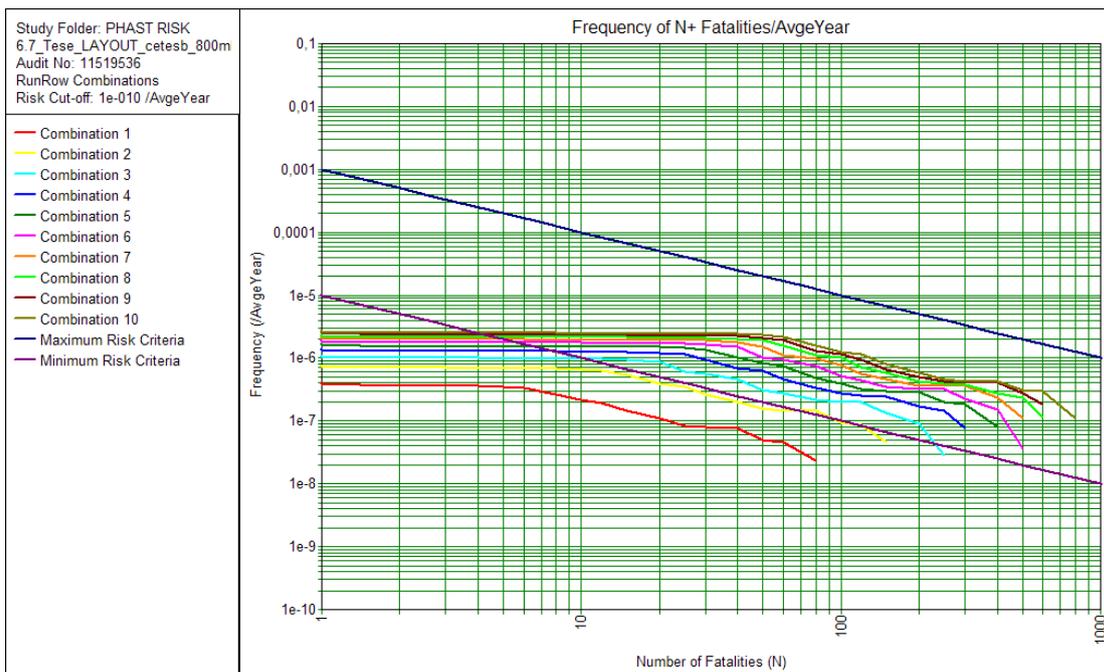


Figura 4-36 - Parque de Esferas – Curva FN para 800m. Fonte: Phast Risk 6.7.

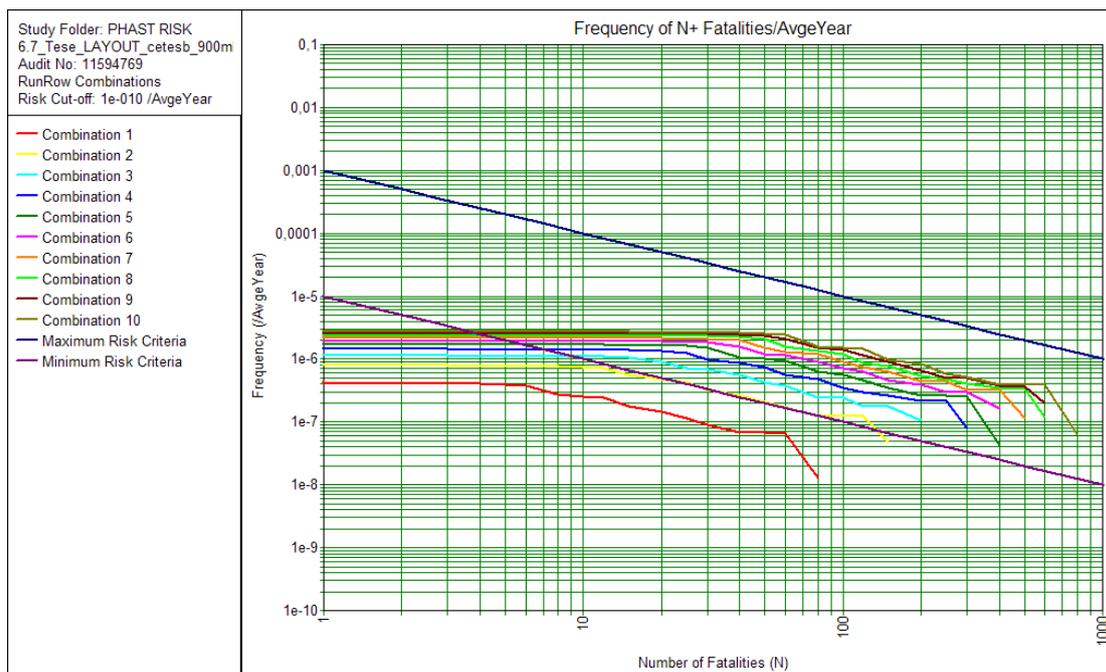


Figura 4-37 - Parque de Esferas – Curva FN para 900m. Fonte: Phast Risk 6.7.

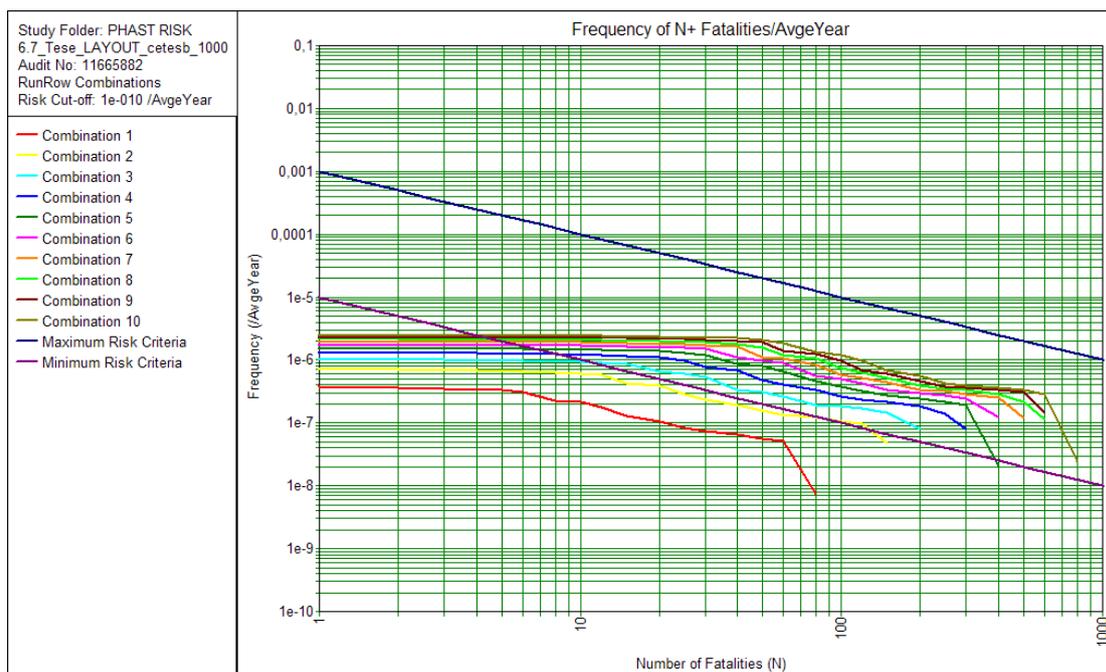


Figura 4-38 - Parque de Esferas – Curva FN para 1000m. Fonte: Phast Risk 6.7.

5 EXEMPLIFICAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DOS GRÁFICOS DE RISCO SOCIAL NA REALIDADE DE UMA REFINARIA

Os gráficos construídos acima para cada uma das unidades analisadas visam ajudar às Refinarias no controle do acúmulo populacional desordenado em seu

entorno de forma a não prejudicar o seu licenciamento com o órgão ambiental e principalmente reduzir o risco social imposto por este empreendimento às pessoas instaladas no seu entorno. Para tal abaixo está descrito um exemplo de utilização dos gráficos de risco social apresentados acima.

Supondo que uma determinada refinaria identifique uma população se estabelecendo à, por exemplo, 400 m de distância, onde a unidade de Destilação é aquela mais próxima desta população, ver exemplo na Figura 5-1 abaixo.

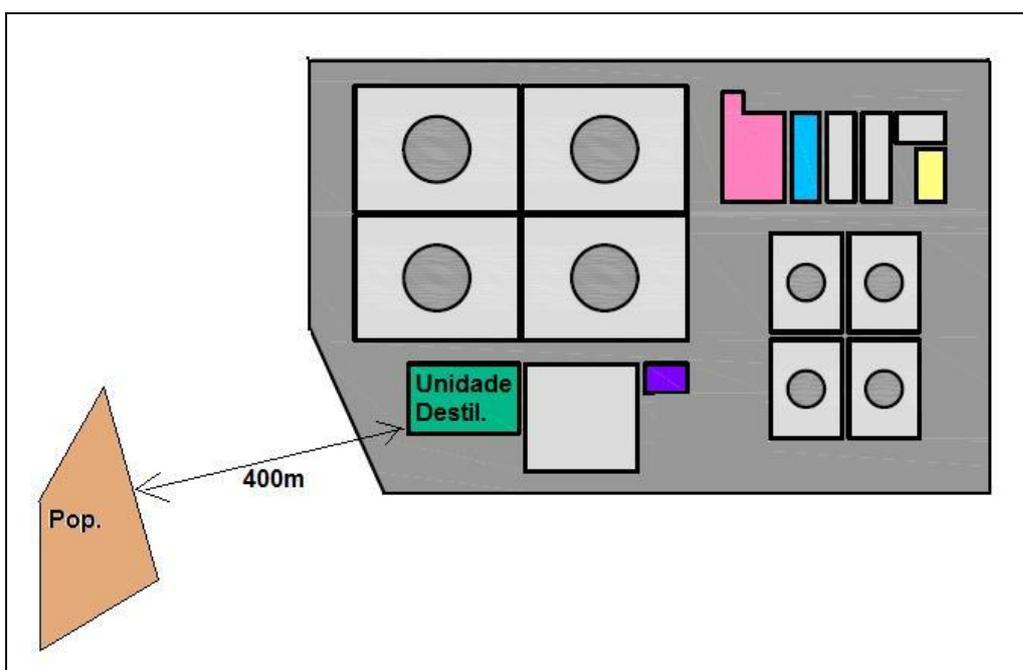


Figura 5-1 – Exemplo de População próxima a uma Refinaria

Tendo em vista que a distância é de 400m deve-se então utilizar como base o gráfico de Curva FN apresentado na Figura 4-6, para a Unidade de Destilação. Através deste gráfico os responsáveis pela refinaria podem verificar que até 100 pessoas a curva FN (combinação1- curva vermelha) encontra-se na região ALARP e que a partir de 200 pessoas (combinação2- curva amarela) a curva do risco social encontra-se no limiar entre a região ALARP e região de risco não tolerável.

Com base desta informação, antes mesmo da interferência do órgão ambiental quando da atualização do estudo de Análise Quantitativas de Riscos de cinco em cinco anos para a renovação de licença ambiental, os responsáveis pela refinaria já têm uma perspectiva aproximada dos riscos a que sua unidade impõe aquela população que se estabelece de forma desordenada em seu entorno, e com isso

pode adotar medidas preventivas de controle para que a população não aumente ao ponto de superar o limiar de 200 pessoas reduzindo as chances de futuros problemas com a renovação de sua licença ambiental e, principalmente, reduzindo as chances de que possíveis acidentes em sua unidade de destilação gerem fatalidades nas populações expostas a níveis não toleráveis.

Caso os riscos fiquem acima dos limites de tolerabilidade ou caso se decida pela mitigação dos riscos de forma preventiva quais são as medidas de controle praticadas e quais suas vantagens e desvantagens frente à relação de custo benefício? Esta questão deve ser estudada de forma mais detalhada futuramente tendo em vista a grande diversidade de medidas disponíveis que vão desde a formação de uma cultura de segurança até a implementação de novas tecnologias incluindo o conceito de segurança intrínseca, além da disponibilidade de diversos estudos sobre o assunto, fatos estes que merecem uma atenção considerável no âmbito da análise de riscos e da segurança de processos não sendo viável o seu tratamento de forma satisfatória no escopo desta dissertação.

6 CONCLUSÃO

Este estudo apresenta uma preocupação com as consequências advindas do crescimento industrial. Os efeitos das indústrias de grande escala foram sentidos pelo meio ambiente rapidamente com a ocorrência de poluição e descarte de rejeitos industriais, o que desencadeou uma preocupação na população e governo, o que pressionou a indústria, além de desenvolver sistemas instrumentados sofisticados para aumentar a segurança de suas unidades, a avaliar os efeitos de suas operações às pessoas e ao meio ambiente. Porém surge também ao longo das décadas uma preocupação com o crescimento populacional desordenado no entorno dessas indústrias químicas que se dá por uma necessidade econômica das famílias carentes, que são atraídas por uma possibilidade de sustento usufruindo do crescimento econômico gerado por estes empreendimentos.

Este projeto justifica-se principalmente pelo crescimento industrial no Brasil nos últimos anos e na perspectiva futura de novas refinarias frente a grande produção petrolífera do país. Os fatos demonstram a importância dos estudos de análise de riscos uma vez que tais empreendimentos, mesmo que instalados em regiões distantes dos grandes centros, movimentam economicamente seus arredores e atraem a população mais carente em busca de fontes de renda alternativas. A migração da população para as regiões próximas à essas unidades acrescenta às empresas uma preocupação maior, a exposição das vidas ao risco imposto por suas operações.

Este estudo viabiliza a identificação do incremento no risco social das refinarias devido ao acúmulo de pessoas ao seu redor, sem que seja necessária a realização de uma constante atualização da análise de risco quantitativa, até que esta seja revisada conforme requisito do órgão ambiental. Em posse desses dados as refinarias terão subsídio para a tomada de decisão no processo de gerenciamento de riscos com base no critério de aceitabilidade adotado utilizando-se de medidas de controle. Lembrando que a utilização de ferramentas de análise de risco reduz a chance de empresas aplicarem grandes esforços em gerenciar atividades de baixo risco e em contra partida favorecem o direcionamento adequado de recursos para gerenciar atividades com grande potencial de risco (CCPS, 2007).

Para o desenvolvimento deste trabalho foi descrita uma visão geral sobre as refinarias existentes no Brasil, quais são, suas principais características e os municípios onde essas unidades estão instaladas. Foi feita uma análise dos movimentos migratórios para essas regiões e representados através de gráficos. Tendo em vista o caráter demonstrativo deste trabalho foram selecionadas apenas algumas refinarias para análise de suas regiões quanto aos movimentos populacionais, as refinarias são: REGAP, REPLAN, REDUC e REFAP sendo os municípios estudados: Betim (MG), Paulínia (SP), Duque de Caxias (RJ) e Canoas (RS), respectivamente. Foi observado que todos os municípios analisados apresentaram crescimento populacional na década de implantação da refinaria e que todos apresentaram semelhanças entre o crescimento desses municípios com o crescimento populacional dos respectivos grandes centros.

Após a comprovação do crescimento populacional nos municípios, a próxima etapa foi o desenvolvimento do cálculo do risco social. Para tal, foram apresentados alguns conceitos visando o correto entendimento das técnicas e fundamentos utilizados nesta dissertação: conceitos sobre Risco e Gerenciamento de Riscos e sua importância dentro do conceito de segurança de processo, conceitos sobre a Análise Quantitativa de Riscos e quais os indicadores mais utilizados na indústria e por último descreve os principais critérios de aceitabilidade de riscos conhecidos no âmbito nacional e mundial. E ainda foi apresentada a metodologia de cálculo do risco social através da seleção dos cenários, cálculo da frequência dos cenários, cálculo das consequências e resultados do risco social comparando com o critério de aceitabilidade.

Para todo o cálculo foi utilizado o programa PHAST RISK 6.7 o qual se baseia no layout da instalação e numa definição de malha de cálculo para a área da instalação, calculando os riscos por célula da malha de cálculo. Optou-se por desenvolver um arranjo padrão para o cálculo de risco para as unidades selecionadas, desta forma os resultados podem ser utilizados por qualquer empresa independente do arranjo de suas unidades.

Os cálculos de risco tiveram como base dados reais de uma refinaria no Brasil e seus principais cenários, ou seja, aqueles que apresentam substâncias perigosas em seu processo e, conseqüentemente, quando da ocorrência de acidentes possuem potencial para causar grandes danos a sociedade.

Os resultados gráficos de curvas FN representam o comportamento do Risco social em função do crescimento populacional desordenado no entorno das unidades: Unidade de Destilação, Unidade de Hidrotratamento Catalítico, Unidade de Geração de Hidrogênio, Unidade de Reforma Catalítica e Parque de Esferas.

Estes resultados poderão embasar as indústrias na tomada de decisão no gerenciamento do quantitativo populacional que se estabelece no seu entorno, podendo desta forma adotar medidas preventivas ou mitigadoras, que impeçam o crescimento desordenado no entorno de suas instalações, levando em conta o critério de aceitabilidade de riscos imposto pelo órgão ambiental e/ou política da empresa antes mesmo da realização de análises de risco completas, permitindo ações preventivas tal como a compra de terras ao redor da área a ser construída evitando o acúmulo de população quando da instalação da indústria.

Vale ressaltar que este estudo não reduz a importância da realização ou revisão das análises quantitativas de risco das unidades de processo servindo apenas como uma ferramenta para uma estimativa aproximada de incremento de risco, Lembrando que a análise quantitativa de riscos de cada empresa é específica para seu processo e condições de segurança a qual conta com dados e cenários específicos da mesma sendo uma representação da sua realidade.

Segundo Gadd et al, 2004 a avaliação dos riscos não deve ser uma atividade pontual mas sim fazer parte do processo de melhoria contínua, ou seja, deve ser revisada com parte do padrão de gerenciamento de Saúde e Segurança, caso haja qualquer razão que leve a crer que o estudo não é mais válido, como por exemplo após um acidente, incidente ou quase acidente, ou quando novas informações ou tecnologias forem implementadas. Logo, o uso apropriado da avaliação dos riscos é o alicerce para o sucesso de um sistema de gerenciamento de Saúde e Segurança o qual provê uma ferramenta inestimável para assegurar a segurança do ambiente de trabalho.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUAYO TÉLLEZ, E.; MUENDLER, M.A.; POOLE, J.P. (2010). **Globalization and Formal Sector Migration in Brazil**. World Development Vol. 38, No. 6, pp. 840–856, 2010. Elsevier.

ARENDRT, J.S.; LORENZO, D.K. (2000). **Evaluating Process Safety In The Chemical Industry – A user guide to quantitative risk analysis**. American Chemistry Council and Center for Chemical Process Safety.

CCPS (1989a). **Chemical Process Quantitative Risk Analysis**. Center for Chemical Process Safety, American Institute of Chemical Engineers, New York.

CCPS (1989b). **Guidelines for Technical Management of Chemical Process Safety**. Centre for Chemical Process Safety, American Institute of Chemical Engineers, New York.

CCPS (1992a). **Guidelines for Hazard Evaluation Procedure**. 2nd edition, Center for Chemical Process Safety, American Institute of Chemical Engineers, New York.

CCPS (1992b). **Guidelines for Evaluating the Characteristics of Vapor Cloud Explosions, Flash Fires and BLEVEs**. Center for Chemical Process Safety, American Institute of Chemical Engineers, New York.

CETESB (2003). **Norma CETESB P4.261 – 2003 - Manual de Orientação para a elaboração de Estudos de Análise de Riscos**. São Paulo, 2003.

CCPS (2007). **Guidelines for Risk Based Process Safety**. Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, New York, USA.

CLICKMACAE. **As refinarias da Petrobras**. Site oficial. Disponível em: <http://www.clickmacae.com.br/?sec=368&pag=pagina&cod=216>. Acesso em: 08 fev 2012.

CROWL, D. A. LOUVAR, J. F. (2002). **Chemical Process Safety**. Prentice Hall International Series in the Physical and Chemical Engineering Sciences. Second Edition. 2002.

DEMAJOROVIC, J (2006). **Geração e Distribuição de Riscos: acesso a informações e a questão da vulnerabilidade dos países em desenvolvimento**. Universidad de Huelva, PORTULARIA VOL. VI, Nº 2-2006, [39-58], ISSN 1578-0236.

DNV (1998). **Failure Case Selection Onshore**. Technical Note T13, Revision 1a, 26 March 1998.

DNV (2003). **Safeti Parameters**. Technical Note T16, Revision 2, 13 October 2003.

DNV (2010a). **Quantitative Risk Assessment (QRA) Principles**. Guideline G1, Revision 2, 02 February 2010.

DNV (2010b). **Onshore QRA Using PHAST RISK**. Guideline G3, Revision 2, 07 January 2010.

DNV (2010c). **Fireballs/BLEVE modelling**. Technical Note T21, Revision 2, 11 November 2010.

DNV (2011). **Process Equipment Failure Frequency**. Technical Note T14, Revision 5, 14 March 2011.

DNV Software (2010). **PHAST RISK 6.7**. Software para cálculo de risco, versão 6.7.

DNV Technica (2000). **LEAK**. Software Para Cálculo de Frequências, versão 3.0.0.15.

DUIJNE, F. H.; AKEN, D; SCHOUTEN, E. (2008). **Considerations in developing complete and quantified methods for risk assessment**. Safety Science 46 (2008) 245–254, Elsevier.

EPD (2011). **Technical Memorandum, Annex 4: Criteria for Evaluating air Quality Impact and Hazard to Life**. Site oficial. Disponível em: <http://www.epd.gov.hk/eia/english/legis/memorandum/annex4.html>. Acesso em: 14 abr 2012. Environmental Protection Department. Hong Kong, 2011.

FEPAM (2001). **Manual de Análise de Riscos Industriais**. Porto Alegre: Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler. 2001.

FREITAS, C; PORTO, M.F, S,; MACHADO, J, M . (2000) **Acidentes químicos ampliados: desafios e perspectivas para o controle e a prevenção**. A questão dos acidentes ampliados. Rio de Janeiro. Editora Fiocruz, 2000.

FUNDACENTRO e Ministério do Trabalho e Emprego (2002). **Prevenção de Acidentes Industriais Maiores**. Contribuição da OIT para o Programa Internacional de Segurança Química do PNUMA, OIT e OMS (IPCS).

GADD, S.A.; KEELEY, D.M.; BALMFORTH. H.F. (2004). **Pitfalls in risk assessment: examples from the UK**. Safety Science 42 (2004) 841–857; Elsevier.

HSE (2001). **Reducing Risks, Protecting People**. Health and Safety Executive.

HSE (2002a). **Assessing compliance with the law in individual cases and the use of good practice**. Health and Safety Executive.

HSE (2002b). **Offshore Hydrocarbon Releases Statistics and Analysis, 2002**. Health and Safety Executive.

HSE (2002c). **Principles and guidelines to assist HSE in its judgements that duty-holders have reduced risk as low as reasonably practicable**. Health and Safety Executive.

IBAMA (2007). **Termo de Referência – Estudos de Análise de Riscos em Gasodutos, Brasília**: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 2007.

IBGE (2011). **Reflexões sobre os Deslocamentos Populacionais no Brasil**. Estudos e Análises: Informação Demográfica e Socioeconômica número 1. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. 2011.

INEA (2007). **Instrução Técnica para Elaboração de Estudo de Impacto Ambiental – EIA e seu Respectivo Relatório de Impacto Ambiental – RIMA**. Rio de Janeiro: Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente. 2007.

IPEA (2012). Site oficial. Disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br>. Acesso em: 14 abr 2012. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.

KLETZ, Trevor A.. **“What Went Wrong ? – Cases of Process Plant Disasters”**. Gulf Publishing Company, 1998.

LESS, F. P. (1996). **Loss Prevention in the Process Industries – Hazard Identification, Assessment and Control**. Butterworths Heinemann.

PETROBRAS. **Refino de Petróleo e Gás**. Site oficial. Disponível em: <http://www.petrobras.com.br/pt/quem-somos/perfil/atividades/refino>. Acesso em: 01 fev 2012, 18:17.

PORTO, M.F.S. (2000). **Considerações sobre a dinâmica de regulação dos riscos industriais e a vulnerabilidade da sociedade brasileira**. Qualidade de Vida e Riscos Ambientais. Niterói: Editora da UFF, 2000, pp. 147 - 170.

PORTO, M.F.S. FREITAS, C.M. (2000). **Indústria química brasileira, acidentes químicos ampliados e vulnerabilidade social**. População e Meio Ambiente, debates e desafios. São Paulo, Editora SENAC, 2000, pp. 301 - 326.

SERPA, R.R. (2010). **Critérios de Avaliação de Riscos Aplicados ao Licenciamento Ambiental no Brasil: Uma Análise Crítica**. Abiquim - CCPS (2010).

SUDDLE, S (2009). **The weighted risk analysis**. Safety Science 47 (2009) 668–679, Elsevier.

SZKLO, A. S. (2005). **Fundamentos do Refino de Petróleo**. Rio de Janeiro. Editora Interciência, 2005.

TNO (1999). **Guidelines for quantitative risk assessment, (The Purple Book)**. Committee for the Prevention of Disasters (CPR 18 E).

TNO (1997). **Methods for the Calculation of Physical Effects (Yellow Book), Part 1 & 2, CPR 14E**. Third Edition, The Netherlands Organization of Applied Scientific Research, The Hague, The Netherlands, 1997;

TNO (1989). **Methods for the determination of possible damage (Green Book), CPR 16E**. First Edition, The Netherlands Organization of Applied Scientific Research, The Netherlands, 1989.

VANEM, E. (2012). **Ethics and fundamental principles of risk acceptance criteria**. Safety Science 50 (2012) 958-967. Elsevier.

WIKIPEDIAa. **Canoas**. Site oficial. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Canoas#Hist.C3.B3ria>. Acesso em: 02 Abr 2012.

WIKIPEDIAb. **Refino**. Site oficial. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Refinaria>. Acesso em: 01 fev 2012.

WOAD (1996): **World Offshore Accident Databank, Statistical Report**. Det Norske Veritas, Hovik, Norway.

YAP, L.Y.L. (1976). **Rural-Urban Migration and Urban Underemployment in Brazil**. Journal of Development Economics, Volume 3, Issue 3, September 1976, Pages 227–243. Elsevier.