



SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	751
LISTA DE TABELAS	754
1. INTRODUÇÃO.....	764
2. ANÁLISE HISTÓRICA DE ACIDENTES (AHA).....	765
2.1 Principais Fontes de Informação	765
2.2 Principais Acidentes Envolvendo Navios no Mundo	766
2.3 Principais Acidentes Envolvendo Navios no Brasil	769
2.4 Principais Acidentes Envolvendo Navios no Amazonas	770
2.5 Principais Acidentes Envolvendo Movimento de Massa no Mundo	770
2.6 Principais Acidentes Envolvendo Movimento de Massa no Brasil	771
2.7 Principais Acidentes Envolvendo Movimento de Massa no Amazonas.....	771
2.8 Principais Acidentes Envolvendo Contêineres no Brasil	772
2.9 Principais Acidentes Envolvendo Contêineres no Amazonas	772
2.11 Extensões da Análise Histórica ao Empreendimento	775
2.12 Considerações Finais da Análise Histórica de Acidentes	775
3. ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGO (APP)	776
3.1 Identificação dos perigos	776
3.2 Método	776
3.3 Realização da Análise Preliminar de Perigos – APP	781



3.4 Perigos identificados para a fase de operação do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.	781
3.5 Considerações sobre a avaliação dos riscos.....	783
3.6 Cálculo das frequências dos Eventos Iniciadores (FEI) e dos Cenários de Acidentes (FCA)	783
3.6.1 Cálculo da Frequência dos Eventos Iniciadores (EI) de Acidentes:	784
3.6.2 Cálculo da Frequência dos Cenários Acidentais:	786
3.6.3 Construção da Arvore de Eventos.....	787
3.6.4 Base de dados para a árvore de eventos	790
3.6.5 Resultados das frequências dos cenários escolhidos.....	791
3.7 Considerações Finais da APP	797
4. ANÁLISE DE CONSEQUÊNCIAS E VULNERABILIDADE	798
4.1 Introdução	798
4.2 Método	798
4.2.1 Mapeamento das áreas (espaços) vulneráveis	799
4.2.2 Localização das áreas vulneráveis	799
4.2.3 Cálculo das probabilidades nas áreas vulneráveis	800
4.2.4 Cálculo da Probabilidade de Fatalidades em Área Vulnerável a Radiação Térmica.....	801
4.2.5 Cálculo da Probabilidade de Fatalidades em Área Vulnerável a Explosões	801
4.2.6 Equações de Probabilidades (Probit)	801
4.2.7 Equação de Probit para morte por impacto (Pessoas Dentro das Edificações ou Estruturas)....	801
4.3 Resultados dos cálculos de vulnerabilidade	802
4.3.1 Probabilidade de Fatalidades em Área Vulnerável a Radiação térmica - Incêndio (Bola de Fogo)	802
4.3.2 Probabilidade de Fatalidades em Área Vulnerável a Radiação Térmica – Incêndio (Poça)	814
4.3.3 Probabilidade de Fatalidades em Área Vulnerável a Explosões.....	826
4.4 Conclusões da análise de consequências e vulnerabilidade	861
4.4.1 Fatalidades decorrentes de incêndios por bola de fogo e expostos a radiação térmica	861
4.4.2 Fatalidades decorrentes de incêndios em poça e expostos a radiação térmica.....	861
4.4.3 Fatalidades decorrentes de explosão seguidos de onda de sobrepressão (outdoor)	862
4.4.4 Fatalidades decorrentes de explosão seguidos de onda de sobrepressão (indoor)	862
4.4.5 Fatalidades decorrentes de movimentos de massa.....	863



5. CÁLCULO DO RISCO SOCIAL E INDIVIDUAL	864
5.1 Medidas de risco	864
5.2 Calculo do Risco (Para Instalações Fixas)	865
5.3 Critérios de aceitabilidade	868
5.4 Resultados da Análise de Risco	870
5.4.1 Riscos obtidos para o cálculo de Eventos decorrentes de Incêndio seguido de bola de fogo	870
5.4.2 Riscos obtidos para o cálculo de Eventos decorrentes de Incêndio em Poça	872
5.4.3 Riscos obtidos para o cálculo de Eventos decorrentes Explosão: Sobrepressão sobre estruturas (pessoas <i>indoor</i>)	875
5.4.4 Riscos obtidos para o cálculo de Eventos decorrentes Explosão: Sobrepressão sobre pessoas (pessoas <i>outdoor</i>)	878
5.4.5 Riscos obtidos para o cálculo de Eventos decorrentes de provável movimento de massa	881
5.5 Aceitabilidade dos Riscos	888
5.5.1 Riscos individuais	888
5.5.2 Riscos sociais	888
5.5.3 Comparações	889
5.6 Considerações finais.....	890
5.6.1 Medidas mitigadoras de riscos	890



Lista de Figuras

Figura 1. Frequência de ocorrência dos acidentes envolvendo atividades de cabotagem no período de 1912 a 2013.	774
Figura 2. Percentual dos acidentes de acordo com a sua origem no período de 1912 a 2013.	774
Figura 3. Efeito da radiação térmica decorrente de bola de fogo com origem em Navio aportado no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) Manaus, AM	804
Figura 4. Efeito da radiação térmica decorrente de bola de fogo com origem no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) Manaus, AM.	807
Figura 5. Efeito da radiação térmica decorrente de bola de fogo com origem no Pátio de Contêineres do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) Manaus, AM.....	810
Figura 6. Efeito da radiação térmica decorrente de bola de fogo com origem na Área de Manutenção de Empilhadeiras do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) Manaus, AM	813
Figura 7. Efeito da radiação térmica decorrente de incêndio em poça com origem em Navio Aportado no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) Manaus3, AM	816
Figura 8. Efeito da radiação térmica decorrente de incêndio em poça com origem no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) Manaus, AM.....	819
Figura 9. Efeito da radiação térmica decorrente de incêndio em poça com origem no Pátio de Contêineres do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) Manaus, AM.....	822
Figura 10. Efeito da radiação térmica decorrente de incêndio em poça com origem na Área de Manutenção de Empilhadeiras do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) Manaus, AM.	825
Figura 11. Efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada em Navio Aportado no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) Manaus, AM.	829
Figura 12. Efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) Manaus, AM. .	832



Figura 13. Efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada no Pátio de Contêineres do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) Manaus, AM.	835
Figura 14. Efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada na Área de Manutenção de Empilhadeiras do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) Manaus, AM.	838
Figura 15. Efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada em Navio Aportado no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) Manaus, AM.	842
Figura 16. Efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) Manaus, AM. .	845
Figura 17. . Efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada no Pátio de Contêineres do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) Manaus, AM.	848
Figura 18. Efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada na Área de Manutenção de Empilhadeiras do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) Manaus, AM.	851
Figura 19. Linha limite (provável) para a ocorrência de movimento de massa na ADA do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) Manaus, AM. Imagem 2002	855
Figura 20. Linha limite (provável) para a ocorrência de movimento de massa na ADA do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) Manaus, AM. Imagem 2005	856
Figura 21. Linha limite (provável) para a ocorrência de movimento de massa na ADA do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) Manaus, AM. Imagem 2011	857
Figura 22. Linha limite (provável) para a ocorrência de movimento de massa na ADA do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) Manaus, AM. Imagem 2012	858
Figura 23. Mapa de Classes de Erosão e de Classificação de Risco Geológico-Geotécnico na AID do empreendimento. Região da margem esquerda do Rio Negro.	860
Figura 24. Projeção das curvas de iso-risco (frequência de ocorrência/ano – Incêndio com consequência de Bola de Fogo) para a fase de operação do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.	882
Figura 25. Projeção das curvas de iso-risco (frequência de ocorrência/ano – Incêndio em Poça) para a fase de operação do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.	883



Figura 26. Projeção das curvas de iso-risco (frequência de ocorrência/ano – Sobrepressão sobre Estruturas – Pessoas <i>Indoor</i>) para a fase de operação do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.	884
Figura 27. Visão geral da Projeção das curvas de iso-risco (frequência de ocorrência/ano – Sobrepressão sobre Pessoas - <i>Indoor</i>) para a fase de operação do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.	885
Figura 28. Projeção das curvas de iso-risco (frequência de ocorrência/ano – Sobrepressão sobre Pessoas – Outdoor/Setor do Navio e Cias Flutuante) para a fase de operação do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.	886
Figura 29. Projeção das curvas de iso-risco (frequência de ocorrência/ano – Sobrepressão sobre Pessoas – Outdoor/Setor do Pátio de Contêineres e Área de Manutenção de Empilhadeiras) para a fase de operação do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.	887
Figura 30. Distribuição espaço-temporal dos riscos individuais gerados a partir dos Eventos Iniciadores de Acidentes.	888
Figura 31. Distribuição espaço-temporal dos riscos sociais gerados a partir dos Eventos Iniciadores de Acidentes.	889



Lista de Tabelas

Tabela 1. Principais acidentes envolvendo atividades portuárias e de cabotagem de acordo com a ocorrência e frequência de 1912 a 2013 (N = 54)	773
Tabela 2. Principais origens de acidentes envolvendo atividades portuárias e de cabotagem de acordo com a ocorrência e frequência de 1912 a 2013 (N = 54)	774
Tabela 3. Modelo da tabela para obtenção de dados relativos à obtenção de dados da Análise preliminar de perigo (APP) da base de distribuição de combustíveis do Porto Chibatão Navegação e Comércio Ltda., município de Manaus, AM	777
Tabela 4. Tabela de Categorias de Frequências utilizada para a Análise Preliminar de Perigos (APP) da base de distribuição de combustíveis do Porto Chibatão Navegação e Comércio Ltda., município de Manaus, AM.	778
Tabela 5. Tabela de Categorias de Severidade utilizada para a Análise Preliminar de Perigos (APP) da base de distribuição de combustíveis do Porto Chibatão Navegação e Comércio Ltda., município de Manaus, AM.	779
Tabela 6. Tabela de Categorias de Frequência e de Severidade utilizada para a formação da Matriz de Riscos (Interação Severidade x Frequência de Ocorrência) para a Análise Preliminar de Perigos (APP) da base de distribuição de combustíveis do Porto Chibatão Navegação e Comércio Ltda., município de Manaus, AM.	780
Tabela 7. Matriz de Riscos (Interação Severidade x Frequência de Ocorrência) para a Análise Preliminar de Perigos (APP) da base de distribuição de combustíveis do Porto Chibatão Navegação e Comércio Ltda., município de Manaus, AM.	780
Tabela 8. Modelo de Matriz de classificação de riscos por cenários para a Análise Preliminar de Perigos (APP) da base de distribuição de combustíveis do Porto Chibatão Navegação e Comércio Ltda., município de Manaus, AM.	780
Tabela 9. Quantificação dos cenários identificados e escolhidos em função de sua severidade e categoria de risco.	782
Tabela 10. Classificação e quantificação dos riscos em função de sua severidade e frequência.	782
Tabela 11. Cenários escolhidos para as simulações das consequências.....	783
Tabela 12. Frequência anual do Evento Iniciador 01/A	784
Tabela 13. Frequência anual do Evento Iniciador 01/B	785



Tabela 14. Frequência anual do Evento Iniciador 02	785
Tabela 15. Frequência anual do Evento Iniciador 03	785
Tabela 16. Frequência anual do Evento Iniciador 07	785
Tabela 17. Frequência anual do Evento Iniciador 08	786
Tabela 18. Frequência anual do Evento Iniciador 09	786
Tabela 19. Frequência anual do Evento Iniciador 11	786
Tabela 20. Frequência anual do Evento Iniciador 12	786
Tabela 21. Árvore de eventos do EI – 01/A.....	787
Tabela 22. Árvore de eventos do EI – 01/B.....	787
Tabela 23. Árvore de eventos do EI – 02.....	788
Tabela 24. Árvore de eventos do EI – 03.....	788
Tabela 25. Árvore de eventos do EI – 07.....	788
Tabela 26. Árvore de eventos do EI – 08.....	789
Tabela 27. Árvore de eventos do EI – 09.....	789
Tabela 28. Árvore de eventos do EI – 11.....	789
Tabela 29. Árvore de eventos do EI – 12.....	790
Tabela 30. Dados de probabilidade de ignição imediata utilizados pela Safety and Reliability Directorate - UK (SRD), 1978.....	790
Tabela 31. Dados de probabilidade de ignição imediata utilizados pela Safety and Reliability Directorate - UK (SRD), 1978.....	791
Tabela 32. Frequência de ocorrência anual dos cenários acidentais do Evento Iniciador 01/A	792
Tabela 33. Frequência de ocorrência anual dos cenários acidentais do Evento Iniciador 01/B.....	792
Tabela 34. Frequência de ocorrência anual dos cenários acidentais do Evento Iniciador 02 ..	793
Tabela 35. Frequência de ocorrência anual dos cenários acidentais do Evento Iniciador 03 ..	793
Tabela 36. Frequência de ocorrência anual dos cenários acidentais do Evento Iniciador 07 ..	794
Tabela 37. Frequência de ocorrência anual dos cenários acidentais do Evento Iniciador 08 ..	794
Tabela 38. Frequência de ocorrência anual dos cenários acidentais do Evento Iniciador 09 ..	795
Tabela 39. Frequência de ocorrência anual dos cenários acidentais do Evento Iniciador 11 ..	795
Tabela 40. Frequência de ocorrência anual dos cenários acidentais do Evento Iniciador 12 ..	796
Tabela 41. Relação entre o PROBIT e o percentual de morte na área afetada.	800
Tabela 42. Probit e Probabilidade de fatalidades por incêndio (bola de fogo), em função da distância, com origem em navio aportado no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.	802



Tabela 43. Probabilidade de fatalidades por incêndio (bola de fogo), com origem em navio aportado no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.	802
Tabela 44. Probabilidade de fatalidades por incêndio (bola de fogo), com origem em navio aportado no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.	803
Tabela 45. Probabilidade de fatalidades por incêndio (bola de fogo), com origem em navio aportado no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.	803
Tabela 46. Probit e Probabilidade de fatalidades por incêndio (bola de fogo), em função da distância, com origem no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.	805
Tabela 47. Probabilidade de fatalidades por incêndio (bola de fogo), com origem no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.	805
Tabela 48. Probabilidade de fatalidades por incêndio (bola de fogo), com origem no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.	806
Tabela 49. Probabilidade de fatalidades por incêndio (bola de fogo), com origem no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.	806
Tabela 50. Probit e Probabilidade de fatalidades por incêndio (bola de fogo), em função da distância, com origem no Pátio de Contêineres do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.	808
Tabela 51. Probabilidade de fatalidades por incêndio (bola de fogo), com origem no Pátio de Contêineres Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.	808
Tabela 52. Probabilidade de fatalidades por incêndio (bola de fogo), com origem no Pátio de Contêineres Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.	809
Tabela 53. Probabilidade de fatalidades por incêndio (bola de fogo), com origem no Pátio de Contêineres Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.	809
Tabela 54. Probit e Probabilidade de fatalidades por incêndio (bola de fogo), em função da distância, com origem na Área de Manutenção de Empilhadeiras do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.	811
Tabela 55. Probabilidade de fatalidades por incêndio (bola de fogo), com origem na Área de Manutenção de Empilhadeiras do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.	811



Tabela 56. Probabilidade de fatalidades por incêndio (bola de fogo), com origem na Área de Manutenção de Empilhadeiras do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.	812
Tabela 57. Probabilidade de fatalidades por incêndio (bola de fogo), com origem na Área de Manutenção de Empilhadeiras do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.	812
Tabela 58. Probit e Probabilidade de fatalidades por incêndio (Poça), em função da distância, com origem no Navio Aportado no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.	814
Tabela 59. Probabilidade de fatalidades por incêndio (Poça), com origem no Navio aportado no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.	814
Tabela 60. Probabilidade de fatalidades por incêndio (Poça), com origem Navio aportado no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.	815
Tabela 61. Probabilidade de fatalidades por incêndio (Poça), com origem no Navio aportado no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.	815
Tabela 62. Probit e Probabilidade de fatalidades por incêndio (Poça), em função da distância, com origem no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.	817
Tabela 63. Probabilidade de fatalidades por incêndio (Poça), com origem no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.	817
Tabela 64. Probabilidade de fatalidades por incêndio (Poça), com origem no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.	818
Tabela 65. Probabilidade de fatalidades por incêndio (Poça), com origem no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.	818
Tabela 66. Probit e Probabilidade de fatalidades por incêndio (Poça), em função da distância, com origem no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.	820
Tabela 67. Probabilidade de fatalidades por incêndio (Poça), com origem no Pátio de Contêineres do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.	820
Tabela 68. Probabilidade de fatalidades por incêndio (Poça), com origem no Pátio de Contêineres do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.	821
Tabela 69. Probabilidade de fatalidades por incêndio (Poça), com origem no Pátio de Contêineres do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.	821



Tabela 70. Probit e Probabilidade de fatalidades por incêndio (Poça), em função da distância, com na Área de Manutenção de Empilhadeiras do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.....	823
Tabela 71. Probabilidade de fatalidades por incêndio (Poça), com origem na Área de Manutenção de Empilhadeiras do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.	823
Tabela 72. Probabilidade de fatalidades por incêndio (Poça), com origem na Área de Manutenção de Empilhadeiras do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.	824
Tabela 73. Probabilidade de fatalidades por incêndio (Poça), com origem na Área de Manutenção de Empilhadeiras do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.	824
Tabela 74. Perfil das ondas de sobrepressão sobre as pessoas (outdoor) na Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), município de Manaus, AM.....	826
Tabela 75. Probit e Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada, em função da distância, originada em Navio aportado no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.	827
Tabela 76. Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada em Navio aportado no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.....	827
Tabela 77. Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada em Navio aportado no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.....	828
Tabela 78. Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada em Navio aportado no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.....	828
Tabela 79. Probit e Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada, em função da distância, originada no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.	830
Tabela 80. Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.....	830



Tabela 81. Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.....	831
Tabela 82. Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.....	831
Tabela 83. Probit e Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada, em função da distância, originada no Pátio de Contêineres do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.	833
Tabela 84. Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada no Pátio de Contêineres do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.	833
Tabela 85. Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada no Pátio de Contêineres do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.	834
Tabela 86. Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada no Pátio de Contêineres do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.	834
Tabela 87. Probit e Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada, em função da distância, originada Área de Manutenção de Empilhadeiras do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.	836
Tabela 88. Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada na Área de Manutenção de Empilhadeiras do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.....	836
Tabela 89. Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada na Área de Manutenção de Empilhadeiras do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.....	837
Tabela 90. Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada na Área de Manutenção de Empilhadeiras do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.....	837
Tabela 91. Comparações de probabilidade de fatalidades por efeito de ondas de sobrepressão nas instalações do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.	839



Tabela 92. Probit e Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada, em função da distância, originada em Navio Aportado no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.	840
Tabela 93. Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada em Navio Aportado no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.....	840
Tabela 94. Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada em Navio Aportado no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.....	841
Tabela 95. Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada em Navio Aportado no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.....	841
Tabela 96. Probit e Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada, em função da distância, originada no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.	843
Tabela 97. Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.....	843
Tabela 98. Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.....	844
Tabela 99. Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.....	844
Tabela 100. Probit e Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada, em função da distância, originada no Pátio de Contêineres do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.	846
Tabela 101. Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada no Pátio de Contêineres do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.	846
Tabela 102. Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada no Pátio de Contêineres do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.	847



Tabela 103. Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada no Pátio de Contêineres do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.	847
Tabela 104. Probit e Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada, em função da distância, originada na Área de Manutenção de Empilhadeiras do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.	849
Tabela 105. Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada no na Área de Manutenção de Empilhadeiras do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.	849
Tabela 106. Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada no na Área de Manutenção de Empilhadeiras do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.	850
Tabela 107. Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada no na Área de Manutenção de Empilhadeiras do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.	850
Tabela 108. Categorias dos riscos geológico-geotécnicos e pontuação por classes.	852
Tabela 109. Classificação dos riscos para a elaboração da carta de risco geológico-geotécnico.	852
Tabela 110. Risco Geotécnico Individual e Frequência do Evento (Probabilidade de Ocorrência) de Movimento de Massa na ADA do porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) Manaus, AM.	853
Tabela 111. Risco Geotécnico Social e Frequência do Evento (Probabilidade de Ocorrência) de Movimento de Massa na ADA do porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) Manaus, AM.	854
Tabela 112. Classificação do risco geológico-geotécnico da área do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) Manaus, AM.	859
Tabela 113. Cenários escolhidos para as simulações das consequências.....	865
Tabela 114. Frequência acumulada do evento iniciador de acidente EI-01 (A e B).....	866
Tabela 115. Frequência acumulada do evento iniciador de acidente EI-02	866
Tabela 116. Frequência acumulada do evento iniciador de acidente EI-03	866
Tabela 117. Frequência acumulada do evento iniciador de acidente EI-07	867
Tabela 118. Frequência acumulada do evento iniciador de acidente EI-08	867
Tabela 119. Frequência acumulada do evento iniciador de acidente EI-09	867



Tabela 120. Frequência acumulada do evento iniciador de acidente EI-11	867
Tabela 121. Frequência acumulada do evento iniciador de acidente EI-12	867
Tabela 122. Exemplo de tabela de árvore de eventos utilizada para o cálculo dos riscos individuais e sociais.	868
Tabela 123. Frequência dos colaboradores na ADA do empreendimento	869
Tabela 124. Resultados da análise de risco individual e social por explosão em bola de fogo iniciado em navio aportado no cais flutuante do empreendimento.	870
Tabela 125. Resultados da análise de risco individual e social por explosão em bola de fogo iniciado no cais flutuante do empreendimento.	871
Tabela 126. Resultados da análise de risco individual e social por explosão em bola de fogo iniciado no pátio de contêineres do empreendimento.	871
Tabela 127. Resultados da análise de risco individual e social por explosão em bola de fogo iniciado na área de manutenção de empilhadeiras do empreendimento.	872
Tabela 128. Resultados da análise de risco individual e social por incêndio em poça iniciado em navio aportado no cais flutuante do empreendimento.	872
Tabela 129. Resultados da análise de risco individual e social por explosão em bola de fogo iniciado no cais flutuante do empreendimento.	873
Tabela 130. Resultados da análise de risco individual e social por incêndio em poça iniciado no pátio de contêineres do empreendimento.	873
Tabela 131. Resultados da análise de risco individual e social por incêndio em poça iniciado na área de manutenção de empilhadeiras do empreendimento.	874
Tabela 132. Resultados da análise de risco individual e social decorrentes de explosão: Efeito de Sobrepressão sobre estruturas, ocorrida em navio aportado no cais flutuante do empreendimento.	875
Tabela 133. Resultados da análise de risco individual e social decorrentes de explosão: Efeito de Sobrepressão sobre estruturas, ocorrida no cais flutuante do empreendimento.	876
Tabela 134. Resultados da análise de risco individual e social decorrentes de explosão: Efeito de Sobrepressão sobre estruturas, ocorrida no pátio de contêineres do empreendimento. ...	876
Tabela 135. Resultados da análise de risco individual e social decorrentes de explosão: Efeito de Sobrepressão sobre estruturas, ocorrida área de manutenção de empilhadeiras do empreendimento.	877
Tabela 136. Resultados da análise de risco individual e social decorrentes de explosão: Efeito de Sobrepressão sobre as pessoas, ocorrida em navio aportado no cais flutuante do empreendimento.	878



Tabela 137. Resultados da análise de risco individual e social decorrentes de explosão: Efeito de Sobrepressão sobre as pessoas, ocorrida no cais flutuante do empreendimento.	879
Tabela 138. Resultados da análise de risco individual e social decorrentes de explosão: Efeito de Sobrepressão sobre as pessoas, ocorrida no pátio de contêineres do empreendimento. .	879
Tabela 139. Resultados da análise de risco individual e social decorrentes de explosão: Efeito de Sobrepressão sobre as pessoas, ocorrida na área de manutenção de empilhadeiras do empreendimento.	880
Tabela 140. Resultados da análise de risco individual e social decorrentes de possível movimento de massa sobre as pessoas, ocorrida na porção sul da ADA do empreendimento (região em contato com o rio Negro).....	881
Tabela 141. Frequência de mortes por tipo de Indústria na Grã-Bretanha.....	889
Tabela 142. Riscos típicos de acidentes.	890



1. Introdução

Este estudo por objetivo analisar os riscos de importância relacionados ao empreendimento e avaliar seus efeitos sobre o meio socioambiental nas áreas adjacentes, considerando, os seguintes aspectos:

- Histórico de Acidentes

Foram listados os principais acidentes envolvendo navios, movimento de massa e contêineres no mundo, no Brasil e no estado.

- Identificação dos riscos

a) Identificação dos possíveis eventos acidentais que possam ocorrer na operação do porto em suas diversas etapas da atividade com base na elaboração de um estudo analítico dos sistemas e subsistemas, através de técnicas e métodos estruturados para a detecção de falhas e de eventos indesejáveis que podem ocorrer na operação que compõem o funcionamento da atividade. Foram empregados técnicas e métodos reconhecidos, que permitem a classificação dos perigos, de maneira a identificar e priorizar os eventos acidentais mais críticos. Os perigos identificados foram classificados de acordo com a sua frequência decorrente, magnitude das consequências e grau de risco, utilizando-se critérios adequados e encontrados na literatura específica;

b) Consolidação das hipóteses acidentais identificando os principais riscos existentes na atividade portuária, sendo precedida à seleção dos eventos acidentais considerados mais relevantes para cada fase de operação do empreendimento;

- Avaliação de Risco/Análise das Consequências

Foram analisados, de maneira genérica, as principais consequências decorrentes do desdobramento das hipóteses acidentais consideradas na etapa, de modo que se tenha uma visão global da magnitude dos efeitos adversos de correntes de eventos indesejados;

- Análise de Vulnerabilidade

Foi realizada estimativa dos danos ao meio ambiente, ao homem e as propriedades com base em modelos de vulnerabilidade de uso reconhecido e explicitado;

- Gerenciamento de Riscos



a) Foram calculados os riscos individual e social para cada cenário acidental levantado e o risco total do empreendimento;

b) Os resultados foram representados em mapas de iso-risco (risco individual) e em diagramas (risco social), sendo então comparadas aos valores típicos dos riscos individual e social associados às atividades cotidianas (públicas) assim como os riscos médios de atividade portuária, de forma a permitir a avaliação dos resultados obtidos;

- Gerenciamento de Riscos

O PGR visa à mitigação e/ou minimização dos riscos encontrados pelo estudo de Análise de Risco. Também contém as informações referentes à sua implantação, identificação dos responsáveis, cronograma de implantação, programa de treinamento de pessoal/capacitação técnica, programa de manutenção (preventivo e corretivo), procedimento e periodicidade para teste, treinamento, simulação, revisão e atualização do Plano, auditorias periódicas e medidas para redução dos riscos.

a) Medidas para redução das frequências: foram sugeridas medidas capazes de diminuir a probabilidade de ocorrência dos cenários acidentais e/ou magnitude de suas consequências para as comunidades envolvidas diretamente com o empreendimento e/ou meio ambiente;

b) Medidas para redução das consequências: redução de impactos físicos (redução da quantidade de massa envolvida, efeito dominó, etc.); redução ou proteção da população exposta.

765

2. ANÁLISE HISTÓRICA DE ACIDENTES (AHA)

O resumo histórico apresentado a seguir foi realizado a níveis mundial, nacional e estadual.

2.1 Principais Fontes de Informação

- CALIXTO, 2011. Contribuições para plano de contingência para derramamento de petróleo e derivados no Brasil. TESE DE DOUTORADO. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE.



- SOUZA FILHO, 2006. Planos Nacionais de Contingência para atendimento a derramamento de óleo: análise de países representativos das Américas para implantação no caso do Brasil. Dissertação de MSc. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE.

- Principais naufrágios dos últimos cem anos. Página eletrônica disponível em: www.ig.com.br/mundo

- Principais acidentes com navios. Página eletrônica disponível em: www.blogmercante.com

- Jornal eletrônico D24am. Página eletrônica disponível em: www.d24am.com

- Jornal eletrônico A Critica. Página eletrônica disponível em: www.acritica.uol.com.br

2.2 Principais Acidentes Envolvendo Navios no Mundo

15 de abril de 1912. TITANIC. Local: costa da província de Newfoundland, Canadá. Causa: o transatlântico afundava em sua viagem inaugural, depois de bater em um iceberg. O navio era considerado “inafundável” antes da estreia.

29 de maio de 1914. THE EMPRESS OF IRELAND. Local: Rio São Lourenço, Canadá. Causa: a colisão do navio de passageiros com um cargueiro norueguês.

06 de dezembro de 1917. MONT BLANC E IMO. Local: Porto de Halifax, Canadá. Causa: a colisão seguida de explosão dos cargueiros Monto Blanc SS de bandeira francesa e o cargueiro Imo de bandeira belga.

25 de outubro de 1927. PRINCEPESS MAFALDA. Local: entre Cabo Verde e o Rio de Janeiro. Causa: o transatlântico pega fogo e afunda na costa brasileira.

31 de janeiro de 1953. PRINCESS VICTORIA. Local: entre a Escócia e a Irlanda do Norte, Reino Unido. Causa: forte tempestade.

29 de outubro de 1955. NOVOROSSIYSK. Local: Sebastopol, União Soviética. Causa: navio da esquadra soviética explode, vira e afunda no mar Negro.



25 de julho de 1956. STOCKHOLM. Loca: Ilha de Nantucket, EUA. Causa: navio sueco Stockholm e o italiano Andrea Doria colidem a 45 milhas da ilha.

23 de julho de 1964. STAR OF ALEXANDRIA. Local: Porto de Bône, Argélia. Causa: O navio cargueiro Star of Alexandria, de bandeira egípcia explode próximo ao porto de Bône.

Março de 1978. VLCC T/T AMOCO CADIZ. Local: Bretanha Francesa, França. Causa: o petroleiro encalhou em recifes na costa da Bretanha Francesa a 3 milhas da praia. Impacto: considerado um dos maiores acidentes petrolíferos do mundo, o vazamento do seus quase 220 mil toneladas de óleo cru matou milhares de moluscos e ouriços do mar.

Julho de 1979. ATLANTIC EMPRESS. Local: Tobago, Caribe. Causa: a colisão dos dois superpetroleiros Aegean Captain e o Atlantic Empress próximos a ilha caribenha de Tobago, a carga combinada dos dois passava das 500.00 toneladas. Impacto: o acidente despejou mais de 287 mil toneladas de óleo cru.

22 de abril de 1980. DON JUAN. Local: estreito de Tablas. Causa: a balsa ia de Manila para Bacold e afunda após se chocar com a barcaça Tacloban City próximo a ilha de Mindoro.

Agosto de 1983. CASTILLO DE BELLVER. Local: África do Sul. Causa: Depois de um incêndio a bordo, seguido de explosão, o navio espanhol partiu-se ao meio. Impacto: liberou cerca de 200 milhões de litros de óleo na costa de Cape Town.

31 de agosto de 1986. ALMIRANTE NAKHIMOV. Local: Porto de Novorossiysk, União Soviética. Causa: o navio de passageiros colide com o cargueiro Pyotr Vasev próximo ao porto de Novorossiysk, no mar Negro.

06 de março de 1987. HERALD OF FREE ENTERPRISE. Local: canal da Mancha. Causa: a balsa que transportava veículos através do canal da Mancha, aderna e afunda logo depois de zarpar do porto belga de Zeebrugge.

20 de dezembro de 1987. DONA PAZ. Local: mar de Sibuyan. Causa: a balsa Dona Paz afunda após colidir com navio-tanque Vector no mar de Sibuyan.

1989. EXXON VALDEZ. Local: EUA. Causa: Após se chocar com uma rocha no Alasca, o navio petroleiro Exxon Valdez deixou vazar para o mar 42.000 toneladas de petróleo.



11 de abril de 1991. MOBY PRINCE. Local: Itália. Causa: a balsa Moby Prince abalroa o navio-tanque Agip Abruzzo, que estava ancorado.

Abril de 1991. M T HAVEN. Local: Gênova, Itália. Causa: durante uma manobra de transferência de cargas entre tanques internos, ocorre uma explosão. Impacto: um volume aproximado de 144 mil toneladas de óleo que se estendeu pela costa mediterrânea da Itália e da França, que se estendeu pelos 12 anos seguintes.

28 de Maio de 1991. ABT SUMMER. Local: Angola. Causa: o petroleiro de bandeira da Libéria em rota entre o Irã e Roterdã, explode na costa da Angola. Impacto: liberou milhões de litros e petróleo para o Oceano Atlântico, afetando a vida marinha.

15 de dezembro de 1991. SALEM EXPRESS. Local: Egito. Causa: o Dalem Express bate em um recife nos arredores do porto de Safaga, no mar Vermelho.

28 de setembro de 1994. ESTONIA. Local: Estônia/Finlândia. Causa: o navio Estonia naufragou próximo a ilha finlandesa de Utoe, no trajeto Tallin-Estocolmo.

03 de fevereiro de 2006. AL SALAM BOCACCIO 98. Local: Filipinas. Causa: a balsa Al Salam Bocaccio 98, indo de Duba (Arábia Saudita) para Safaga (Egito), naufragada a 90 quilômetros do destino, depois de um incêndio no deque dos carros.

21 de junho de 2006. PRINCESS OF THE STARS. Local: província de Romblon, Filipinas. Causa: o navio misto (carga e passageiros) Princess of the Stars afunda após ser atingido por um tufão.

13 de outubro de 2011. RENA. Local: Nova Zelândia. Causa: O navio cargueiro Rena de bandeira liberiana encalhou em recifes a 12 milhas náuticas de Tauranga, na costa leste neozelandesa, perdendo cerca de 300 toneladas de combustível pesado, espesso e tóxico.

08 de maio de 2013. JOLLY NERO. Local: Gênova, Itália. Causa: durante manobra para sair do porto a proa do navio Jolly Nero atingiu a torre de controle portuária.



2.3 Principais Acidentes Envolvendo Navios no Brasil

Dezembro de 1960. SINCLAIR PETROLEO. Local: Costa do Espírito Santo. Causa: o navio Sinclair Petroleo explodiu próximo a ilha de Trindade na costa do Espírito Santo, liberando um volume estimado de 60.000m³ de petróleo.

Agosto de 1974. TAKIMYIA MARU. Local: Ubatuba. Causa: o navio Takimyia Maru colide com rocha no canal de São Sebastião na região de Ubatuba, liberando um volume estimado de 6.000m³ de petróleo

Março de 1975. TARIK IBN ZYIAD. Local: Rio de Janeiro. Causa: o navio Tarik Ibn Ziyad colide com rocha na Baía de Guanabara, liberando um volume estimado de 6.000m³ de petróleo.

Janeiro de 1978. BRAZILIAN MARINA. Local: São Paulo. Causa: o navio Brazilian Marina colidiu com rocha submersa no canal de São Sebastião, liberando aproximadamente 6.000m³ de petróleo.

Março de 1985. MARIANA. Local: São Sebastião, São Paulo. Causa: o navio colidiu com o pier do terminal em São Sebastião, litoral norte de São Paulo.

Agosto de 1990. HORTA BARBOSA. Local: Rio de Janeiro. Causa: o navio colidiu com o terminal Torgua na Baía de Guanabara.

Julho de 1998. SMYRNI e ELIZABETH RICKMERS. Local: Porto de Santos, São Paulo. Causa: os dois navios cargueiros colidiram no porto de Santos.

Outubro de 2001. NORMA. Local: Paraná. Causa: o navio Norma encalhou em um banco de areia na Baía de Paranaguá, liberando aproximadamente 5.000m³ de nafta.

Dezembro de 2001. ALINA P. Local: São Paulo. Causa: o navio Alina P sofreu uma explosão no canal de São Sebastião.

Julho de 2003. NORTIC MARITA. Local: São Paulo. Causa: durante a transferência de petróleo para o terminal no canal de São Sebastião, o navio Nortic Marita liberou aproximadamente 25m³ de petróleo.



Novembro de 2004. VICUÑA. Local: Paraná. Causa: o navio Vicuña explodiu no píer do terminal no Porto Paranaguá, liberando aproximadamente 1.000L de metanol e 5.000L bunker.

Janeiro de 2008. NORSUL. Local: Santa Catarina. Causa: a embarcação empurradora NORSUL liberou um volume estimado de 116.000L de diesel na Baía de São Francisco.

Março de 2008. CHEMBULK SHANGAI. Local: Ceara. Causa: o navio Chembulk Shangai colidiu com o rebocador no Porto de Mucuripe, liberando aproximadamente 3m³ de óleo.

Janeiro de 2009. Local: Acre. Causa: vazamento de transporte aquaviário no Rio Purus, liberando um volume estimado de 25.000L de óleo diesel.

2.4 Principais Acidentes Envolvendo Navios no Amazonas

Novembro de 2005. Local: Amazonas – Rio Negro. Causa: transporte marítimo naufragou próximo a Manaus no Rio Negro.

Junho de 2009. Local: Rio Negro. Causa: transporte aquaviário naufragou no Rio Negro, liberando aproximadamente 5.000L de óleo diesel.

770

22 de abril de 2010. Local: Parintins. Causa: Um navio cargueiro, que seguia para Manaus, de bandeira das Bahamas que transportava gás liquefeito colidiu em um comboio de balsas, que conduzia derivados de petróleo.

2.5 Principais Acidentes Envolvendo Movimento de Massa no Mundo

Fevereiro de 2010. UGANDA. Deslizamento de terra em Nametsi, leste de Uganda, destruiu cidades e muitas plantações de banana, atividade econômica popular da região.

Julho de 2010. CHINA. Em Zhouqu, na província de Gansu, noroeste da China, chuvas torrenciais provocam fortes deslizamentos de terras. O fluxo do Rio Bailong chegou a ser interrompido com a quantidade de lama, pedras e entulhos acumulados.

02 de abril de 2013. PORTUGAL. Um deslizamento de terras em um condomínio na freguesia de Mesão Frio, Guimarães, foi registrado após a execução de atividades de construção civil.



2.6 Principais Acidentes Envolvendo Movimento de Massa no Brasil

Janeiro de 2010. RIO DE JANEIRO. Durante os primeiros dias de janeiro de 2010 chuvas intensas afetaram o município de Angra no sul do Rio de Janeiro causando deslizando de terras de encostas.

Janeiro de 2011. RIO DE JANEIRO. Em menos de 24 horas choveu o que costuma chover em um mês na zona serrana do Rio de Janeiro. Não só as cidades ficaram debaixo d'água como o solo das encostas cedeu, causando deslizamentos.

25 de junho de 2012. RIO DE JANEIRO. O Terminal TX-2 é o segundo terminal do Porto do Açu, durante a construção de um quebra-mar houve a movimentação o qual uma escavadeira caiu ao mar.

19 de março de 2013. PORTO VELHO. No baixo madeira no Distrito de Calama, fortes correntezas do fundo do Rio Madeira fazem com que o desbarrancamento ocorra de baixo para cima, expondo risco a população e área portuárias com encostas expostas.

771

28 de março de 2013. AMAPÁ. Durante a madrugada o porto da mineradora Anglo American Brasil em Santana, cerca de 20 quilômetros de Macapá desmoronou por decorrência de uma massa de água anormalmente grande que se moveu pelo braço do rio.

2.7 Principais Acidentes Envolvendo Movimento de Massa no Amazonas

17 de outubro de 2010. MANAUS. Um deslizamento de terras no Porto Chibatão, durante o acontecimento, estava sendo realizado o descarregamento de cargas (caminhões e containers) vindo de Belém (PA) e Porto Velho (RO).

17 de outubro de 2010. MANAUS. Movimento de massa no ETA da Ponta das Lages.

17 de outubro de 2010. SÃO PAULO DE OLIVENÇA. Movimento de massa na cidade de São Paulo de Olivença.

19 de outubro de 2010. MANACAPURU. Movimento de massa no município de Manacapuru.



20 de outubro de 2010. MANAUS. Movimentação de massa no Porto da empresa Navegação Mirim (Porto do Demétrio).

20 de outubro de 2012. MANAUS. Durante a madrugada uma área do Porto Chibatão que passa por obras de concretagem, sofreu com uma acomodação de terra que destruiu parte da construção.

2.8 Principais Acidentes Envolvendo Contêineres no Brasil

24 de setembro de 2005. RIO GRANDE DO SUL. Um acidente de trânsito envolvendo um caminhão ocasionou o derramamento de um composto químico à base de Titânio, que era transportada em dois contêineres, em um córrego às margens da BR-604.

27 de outubro de 2009. RIO DE JANEIRO. Um container caiu de uma carreta na Avenida Rodrigues Alves, na Zona Portuária do Rio, na pista sentido Avenida Brasil.

15 de março de 2011. CEARA. Operário de 24 anos morre no Porto de Pecém, em São Gonçalo do Amarante, Região Metropolitana de Fortaleza enquanto operava um container (área de transporte e operação portuária) quando uma corrente da estrutura se soltou e atingiu sua cabeça de forma violenta.

20 de maio de 2013. SÃO PAULO. Um acidente na rodovia Anchieta, em Santos, envolvendo duas carretas na qual uma delas transportava um contêiner que ficou tombado na pista.

04 de junho de 2013. PERNAMBUCO. Caminhão que trafegava pela PE-28 no sentido Gaibu carregando um contêiner que errepente caiu atingindo um ônibus da empresa Vera Cruz que fazia a linha Cabo/Porto de Suape.

2.9 Principais Acidentes Envolvendo Contêineres no Amazonas

03 de maio de 2012. MANAUS. Um contêiner de aproximadamente 40 toneladas transportado por uma carreta tombou sobre um veículo de passeio na Avenida Solimões, zona leste de Manaus.



2.10 Análise Descritiva da Análise Histórica de Acidentes

A partir da análise histórica é possível verificar que os principais contribuintes para a ocorrência de acidentes envolvendo atividades portuárias ocorridas no mundo são as colisões entre embarcações (Tabela 1; Figura 1)

Com relação à origem dos acidentes é possível verificar que a ocorrência principal dos mesmos acontece fora da área dos portos (Tabela 2; Figura 2).

Tabela 1. Principais acidentes envolvendo atividades portuárias e de cabotagem de acordo com a ocorrência e frequência de 1912 a 2013 (N = 54)

Tipo de Acidente	Local	Sistema	Ocorrência	Frequência
Colisões	Brasil	Portos	3	5,56
		Outros	6	11,11
	Mundo	Portos	3	5,56
		Outros	11	20,37
Acidentes envolvendo Contêineres	Brasil	Portos	2	3,70
		Outros	4	7,41
	Mundo	Portos	Sem Registros	0,00
		Outros	Sem Registros	0,00
Incêndios/Explosões de Navios	Brasil	Portos	1	1,85
		Outros	2	3,70
	Mundo	Portos	3	5,56
		Outros	5	9,26
Movimentos de Massa (Desabamentos)	Brasil	Portos	5	9,26
		Outros	6	11,11
	Mundo	Portos	Sem Registros	0,00
		Outros	3	5,56
TOTAIS			54	100

Fonte: Obtida do resumo da bibliografia consultada

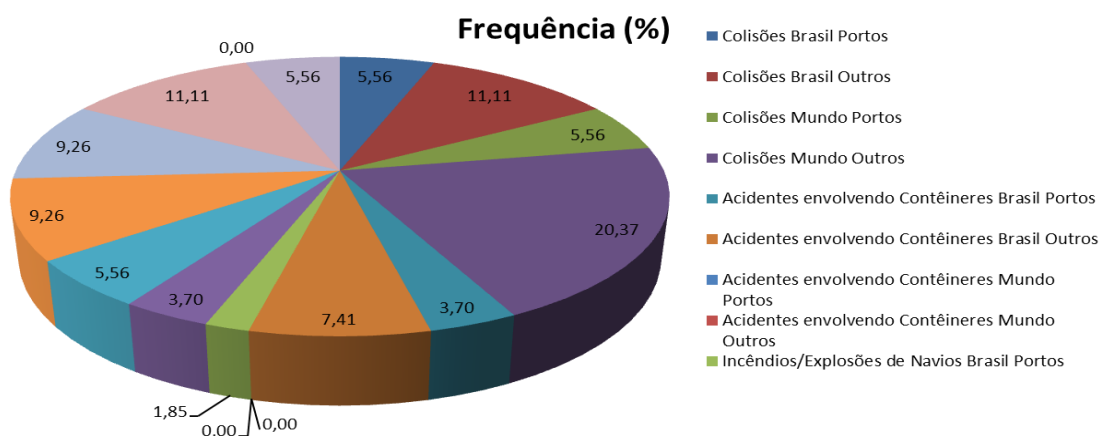


Figura 1. Frequência de ocorrência dos acidentes envolvendo atividades de cabotagem no período de 1912 a 2013.

Tabela 2. Principais origens de acidentes envolvendo atividades portuárias e de cabotagem de acordo com a ocorrência e frequência de 1912 a 2013 (N = 54)

Origem do Acidente	Ocorrência	Frequência
Acidentes em Portos	16	29,63
Outros	38	70,37
TOTAIS	54	100

774

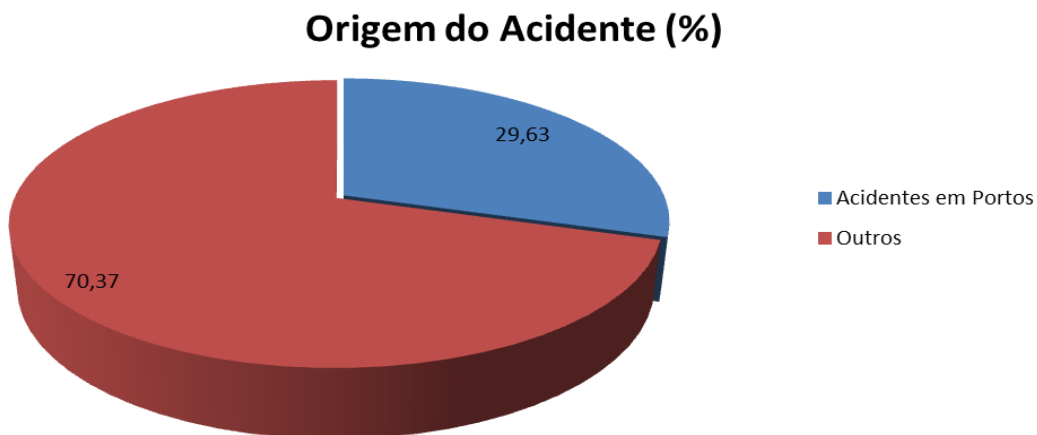


Figura 2. Percentual dos acidentes de acordo com a sua origem no período de 1912 a 2013.



2.11 Extensões da Análise Histórica ao Empreendimento

De acordo com a Análise Histórica de Acidentes foram registrados os seguintes eventos:

- Para o item colisões não foi registrado nenhum evento envolvendo navios nas áreas portuárias no Estado do Amazonas.
- Para o item explosões não foi registrado evento em regiões portuárias no Estado do Amazonas.
- Para o item acidentes envolvendo contêineres em regiões portuárias no Estado do Amazonas não foram registrados acidentes.
- Para o item acidentes envolvendo movimentos de massa em regiões portuárias no Estado do Amazonas foram registrados três eventos.

2.12 Considerações Finais da Análise Histórica de Acidentes

775

- Os acidentes registrados na AHA são na maioria ocorrência de acidentes em regiões externas as regiões portuárias.
- Os eventos decorrentes de causas naturais como movimentos de massa estão contemplados na Análise Preliminar de Perigos –APP devido apresentarem associações com outros fenômenos naturais (amplitude do ciclo hidrológico, erosão fluvial e pluvial, etc.).
- Os eventos desencadeadores de acidentes em operações portuárias identificados na AHA foram os seguintes:
 1. Colisão entre embarcações e Navio-Cais flutuante
 2. Movimentos de Massa
 3. Acidentes Envolvendo Contêineres
 4. Incêndio em prédios (galpões e administrativos) máquinas e equipamentos

Os dados deste levantamento serviram como base para a elaboração da Análise Preliminar de Perigos – APP.



3. ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGO (APP)

3.1 Identificação dos perigos

Neste capítulo será descrita o método (APP) utilizado para a identificação dos perigos relacionados à operação do Porto Chibatão Navegação e Comércio Ltda., município de Manaus, AM.

3.2 Método

A Análise Preliminar de Perigos (APP) do inglês *Preliminary Hazard Analysis (PHA)* é aplicada e estruturada para identificar os riscos potenciais decorrentes da instalação/operação em instalações ocasionados por eventos indesejáveis, com a finalidade de eliminar, minimizar e/ou controlar os riscos antes da materialização dos mesmos, evitando com isso gastos adicionais e replanejamento do empreendimento. A APP permite realizar uma análise crítica dos sistemas de segurança e a identificação de possíveis hipóteses de acidentes.

O escopo da APP abrange todos os eventos perigosos cujas causas tenham origem nas instalações analisadas, englobando tanto as falhas intrínsecas de componentes ou sistema, como eventuais erros operacionais (erros humanos). Ficam excluídos da análise os eventos perigosos causados por agentes externos, tais como quedas de aviões ou helicópteros, terremotos e inundações. Tais eventos externos foram excluídos por terem as suas frequências de ocorrência consideradas extremamente baixas.

Para a análise dos eventos indesejáveis na APP, foram identificadas as seguintes situações independentemente da frequência de uso, que por sua vez, foi considerada no item de eventos iniciadores de acidentes. Portanto, foram considerados, os seguintes eventos indesejáveis:

- Perda de Cargas e Equipamentos em Grande Magnitude (E-01)
- Derramamento de combustíveis (E-02)
- Queda e Tombamento de Contêineres (E-03)
- Acidentes com a tripulação (E-04)
- Danos a Tanques de Combustíveis de Navios (E-05)
- Falha no Acoplamento de Mangueiras Flexíveis (Mangotes) e/ou Flanges (E-06)
- Colisão entre embarcações e navio-cais flutuante (E-07)
- Naufrágio (E-08)
- Derramamento de Resíduos, Efluentes, Óleos e Graxas, e Cargas em Geral (E-09)
- Embarcações a Deriva (E-10)



- Incêndio em prédios (galpões e administrativos) máquinas e equipamentos (E-11)

- Escavações sobre instalações elétricas (E-12)

A norma militar americana MIL-STD-882 (*System Safety Program Requirements*) é adotada como padrão em inúmeras situações. Esta técnica foi desenvolvida pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos e toma como base o preenchimento de tabelas as quais são descritas a seguir de acordo com os itens da mesma (Tabela 1):

1ª Coluna (Perigo): descreve o perigo (evento indesejado) identificado para o sistema em estudo. Normalmente, esta ação é associada a uma ou mais condicionantes com potencial de causar danos às pessoas, ao patrimônio e/ou ao meio ambiente;

2ª Coluna (Causas): identificação das causas básicas possíveis dos perigos, definidos como eventos que produzem uma consequência. São os fatos geradores dos eventos acidentais. São associados a ocorrência de falhas intrínsecas em equipamentos ou com a execução de procedimentos inadequados/errados (falhas operacionais/erros humanos);

3ª Coluna (Modos de detecção): meio ou instrumento de detecção de acidentes ou das tipologias acidentais provindas dos acidentes;

4ª Coluna (Efeitos): possíveis consequências associadas a um determinado perigo;

5ª Coluna (Categoria de Frequência): estimativa qualitativa da causa associada ao cenário acidental em função do tempo de ocorrência;

6ª Coluna (Categoria de Severidade): estimativa qualitativa do efeito associado ao cenário acidental em função do dano causado;

7ª Coluna (Categoria de Risco/Matriz): estimativa qualitativa obtida a partir da interpolação (matriz de risco da interação Probabilidade x Severidade);

8ª Coluna (Observações/Recomendações): observações pertinentes ao perigo e respectivos cenários acidentais, sistemas de segurança e/ou para a gestão de riscos associados.

As tabelas e critérios para a classificação das probabilidades de ocorrência dos perigos, das severidades, dos riscos, as categorias dos mesmos e a matriz de interação (Probabilidade x Severidade) são apresentadas a seguir:

9ª Coluna (Nº de Ordem do Cenário): número de ordem identificador do risco;

Tabela 3. Modelo da tabela para obtenção de dados relativos à obtenção de dados da Análise preliminar de perigo (APP) da base de distribuição de combustíveis do Porto Chibatão Navegação e Comércio Ltda., município de Manaus, AM

ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS - APP					
EMPRESA:	SISTEMAS:			FOLHA:	
	MODO DE DETECÇÃO	EFEITOS	CATEGORIAS	OBSERVAÇÕES/	Nº



PERIGO	CAUSA			FREQ.	SEV.	RISCO	RECOMENDAÇÕES	CENÁRIO

A seguir são apresentadas as tabelas com os critérios utilizados para determinar qualitativamente os riscos dentro da Análise Preliminar de Perigos (Tabelas 4, 5, 6, 7 e 8).

Tabela 4. Tabela de Categorias de Frequências utilizada para a Análise Preliminar de Perigos (APP) da base de distribuição de combustíveis do Porto Chibatão Navegação e Comércio Ltda., município de Manaus, AM.

CATEGORIA	DENOMINAÇÃO	DESCRIÇÃO
A	MUITO IMPROVÁVEL	Conceitualmente possível mais remotamente possível de ocorrer, ao longo da vida útil do da instalação. Os incidentes/cenários dependem de falhas múltiplas para acontecer
B	IMPROVÁVEL	Não esperado ocorrer ao longo da vida útil do empreendimento. Os incidentes/cenários estão associados a falhas múltiplas ou rupturas de estruturas de grande porte.
C	OCASIONAL	Pouco provável de acontecer durante a vida útil do empreendimento. O fato gerador está associado a uma única falha humana e/ou de equipamento.
D	PROVÁVEL	Esperado de acontecer pelo menos uma vez ao longo da vida útil do empreendimento. O fato gerador está associado à falha humana em situações operacionais das instalações.
E	FREQUENTE	Esperado acontecer várias vezes durante a vida útil do empreendimento. O fato gerador está associado ao desgaste e manutenção de equipamentos.



Tabela 5. Tabela de Categorias de Severidade utilizada para a Análise Preliminar de Perigos (APP) da base de distribuição de combustíveis do Porto Chibatão Navegação e Comércio Ltda., município de Manaus, AM.

CATEGORIA	DENOMINAÇÃO	DESCRIÇÃO
I	DESPREZÍVEL	Eventos associados à ausência de danos ou danos não mensuráveis. A falha não irá resultar na degradação do sistema, nem produzir danos funcionais ou lesões, ou contribuir com risco para o sistema.
II	MARGINAL	Ocorrências com potencial de causar danos irrelevantes ao meio ambiente, a instalação e as comunidades interna e externa. A falha irá afetar o sistema sem promover danos funcionais ao sistema, podendo ser compensada ou controlada em curto espaço de tempo.
III	CRÍTICA	Situações com potencial para ocasionar impactos ao meio ambiente externo com tempo de recuperação curto, podendo provocar lesões de gravidade moderada na população. A falha irá afetar o sistema promovendo danos funcionais, podendo ser compensada ou controlada em médio espaço de tempo.
IV	CATASTRÓFICA	Ocorrências com potencial de gerar impactos ambientais significativos em áreas externas às instalações e com tempo de recuperação longo, podendo também provocar mortes ou lesões graves na população, flora e fauna. A falha irá afetar o sistema promovendo danos funcionais, podendo ser compensada ou controlada em longo espaço de tempo.



Tabela 6. Tabela de Categorias de Frequência e de Severidade utilizada para a formação da Matriz de Riscos (Interação Severidade x Frequência de Ocorrência) para a Análise Preliminar de Perigos (APP) da base de distribuição de combustíveis do Porto Chibatão Navegação e Comércio Ltda., município de Manaus, AM.

SEVERIDADE	—	FREQUENCIA	RISCO			
			COR	DENOMINAÇÃO	SGL	Nº
I	DESPREZÍVEL	A MUITO IMPROVÁVEL		Risco Desprezível	(RD)	1
II	MARGINAL	B IMPROVÁVEL		Risco Baixo	(RB)	2
III	CRÍTICA	C OCASIONAL		Risco Moderado	(RM)	3
IV	CATASTRÓFICA	D PROVÁVEL		Risco Severo	(RS)	4
		E FREQUENTE		Risco Crítico	(RC)	5

Tabela 7. Matriz de Riscos (Interação Severidade x Frequência de Ocorrência) para a Análise Preliminar de Perigos (APP) da base de distribuição de combustíveis do Porto Chibatão Navegação e Comércio Ltda., município de Manaus, AM.

		FREQUENCIA				
		A	B	C	D	E
SEVERIDADE	IV	RB	RM	RS	RC	RC
	III	RD	RB	RM	RS	RC
	II	RD	RD	RB	RM	RS
	I	RD	RD	RD	RB	RM

780

Tabela 8. Modelo de Matriz de classificação de riscos por cenários para a Análise Preliminar de Perigos (APP) da base de distribuição de combustíveis do Porto Chibatão Navegação e Comércio Ltda., município de Manaus, AM.

		FREQUENCIA				
		A	B	C	D	E
SEVERIDADE	IV	nAIV	nBIV	nCIV	nDIV	nEIV
	III	nAIII	nBIII	nCIII	nDIII	nEIII
	II	nAII	nBII	nCII	nDII	nEII
	I	nAI	nBI	nCI	nDI	nEI



Exemplo: nAIV corresponde ao número de cenários que foram classificados como sendo de categoria de frequência A (improvável) e de severidade IV (catastrófica). As demais entradas na tabela seguem o mesmo critério de classificação.

3.3 Realização da Análise Preliminar de Perigos – APP

Foi realizada nas seguintes etapas:

- Identificação dos sistemas a serem estudados: foram identificados a partir de reuniões dos consultores com o grupo de Operação Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.). Os sistemas operacionais Cais Flutuante, Pontes e Trapiche, Pátio de Armazenamento de Contêineres, Galpões, Área de Manutenção de Empilhadeiras e Instalações Administrativas foram os escolhidos para serem analisados na APP.

- Apresentação dos objetivos do trabalho e da metodologia de APP para que todos entendessem a metodologia da análise.

- Preenchimento das planilhas da APP, identificando-se os perigos, suas causas, seus modos de detecção e suas consequências.

- Elaboração de estimativa das categorias de frequência e severidade dos eventos iniciadores de acidentes.

Análise dos resultados obtidos, listando-se os cenários que deverão ter suas consequências simuladas.

781

3.4 Perigos identificados para a fase de operação do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.

Ao longo das análises foram identificados 57 cenários (Anexo) dos quais foram selecionados 21 para a Análise Quantitativa de Risco (AQR). Todas as hipóteses classificadas nas categorias de III e IV em função de sua severidade e que têm potencial para gerar danos à população exposta dentro e fora dos limites da ADA do empreendimento foram selecionadas para análise quantitativa de riscos (Tabela 9 e 10).

Tabela 9. Quantificação dos cenários identificados e escolhidos em função de sua severidade e categoria de risco.

Classificação	Nº de CI	Cenários Escolhidos	Categoria de Risco
AI	3		
AII	1		
AIII	6	6	RD
AIV	6	6	RB
BI	4		
CI	3		
CII	9		
CIII	4	4	RM
DI	9		
DII	7		
DIII	5	5	RS
Total	57	21	

Tabela 10. Classificação e quantificação dos riscos em função de sua severidade e frequência.

		FREQUENCIA				
		A	B	C	D	E
SEVERIDADE	IV	6	nBIV	nCIV	nDIV	nEIV
	III	6	nBIII	4	5	nEIII
	II	1	nBII	9	7	nEII
	I	3	4	3	9	nEI

782

Foram detectados oito (08) possíveis eventos iniciadores com efeitos associados aos perigos levantados ao longo da APP que representam perigo sobre as instalações, recursos humanos e materiais e sobre o meio ambiente (Tabela 11).

Após o levantamento é possível ressaltar que os perigos relevantes, são sempre situações acidentais associados a práticas operacionais (falhas humanas e de equipamentos, fadiga de materiais, etc.) e em menor escala aos fenômenos naturais (ciclo hidrológico do rio Negro, erosão fluvial e pluvial, características mecânicas do solo, etc.).

A seguir são apresentados os cenários consolidados associados aos seus eventos iniciadores, os quais serão objetos da análise quantitativa, considerando a configuração dos sistemas estudados.



Tabela 11. Cenários escolhidos para as simulações das consequências

CÓDIGO DO EVENTO	EVENTO INICIADOR	Nº CENÁRIO	Quantidade de Cenários/Evento
E-01	Perda de Cargas e Equipamentos	1, 35	2
E-02	Derramamento de Combustíveis	38	1
E-03	Queda e Tombamento de Contêineres	5,7,27,41	4
E-07	Colisão entre embarcações e navio-cais flutuante	11,12	2
E-08	Naufrágio	13	1
E-09	Derramamento de Resíduos, Efluentes, Óleos e Graxas, e Cargas em Geral	17,19,31,33	4
E-11	Incêndio em prédios (galpões e administrativos) máquinas e equipamentos	22,48,50,55,57	5
E-12	Escavações sobre instalações elétricas	49,56	2

3.5 Considerações sobre a avaliação dos riscos

O risco decorrente de movimentação de massa foi abordado junto à temática de perda de cargas (Grande).

Os riscos operacionais (falha humana, falha de equipamentos, fadiga de materiais, falha na operação e vazamentos no rio Negro) e suas consequências foram avaliados a partir de estatística resistência de materiais. Os riscos cujo fator de impacto é agravado por causas naturais foram avaliados a partir de levantamentos hidrológicos, geológico-geotécnicos, demográficos e cartográficos.

3.6 Cálculo das frequências dos Eventos Iniciadores (FEI) e dos Cenários de Acidentes (FCA)

Generalidades:

O risco de um acidente é caracterizado quantitativamente como um conjunto formado basicamente por três fatores, conforme equação a seguir:

$$\text{Risco} = \{\text{Cenário, Frequência, Consequência}\}$$

Onde:

Cenário: é caracterizado como a composição da ocorrência de um evento iniciador de acidente e das diferentes possibilidades de evolução do acidente, dependendo do desempenho dos sistemas de proteção, das várias possibilidades de condições atmosféricas no instante do acidente e da presença ou não de eventuais fontes de ignição, no caso de acidente envolvendo gás inflamável.

Frequência: é representada pela esperada de ocorrência do cenário é referida a certo intervalo de tempo, normalmente considera-se o período de um (01) ano, de modo que o risco seja obtido em uma base anual.

Consequência: considerado como o efeito da materialização do perigo. A partir desta caracterização quantitativa, é possível expressar quantitativamente o risco de uma instalação de várias formas distintas, sendo as mais comuns, as chamadas "curvas F X N" e o "risco social médio".

A curva F x N, também chamada "função de distribuição cumulativa complementar" é obtida ordenando-se todos os cenários de acidente por ordem crescente de consequências e construindo-se uma curva formada pela junção dos pontos cujas coordenadas são: na abscissa o número de vítimas fatais e na ordenada a frequência acumulada dos cenários com N vítimas fatais.

O risco social médio (RSM) é definido pela equação:

$$RSM = \sum f_i \times C_i, (i = 1 \dots n)$$

Em caso de ocorrência de um vazamento de líquido inflamável (não tóxico), por exemplo, o risco pode ser avaliado, utilizando-se o esquema de cálculo representado pela Árvore de Eventos (AE) genérica mostrada na Tabela 10, cuja construção é explicada a seguir.

O objetivo de uma AE consiste em apresentar, de uma forma sistemática, todos os cenários possíveis de ocorrer em consequência de um dado evento iniciador de acidente, considerando, desta forma, as diferentes possibilidades de evolução do acidente deflagrado por aquele evento iniciador e permitindo o cálculo das frequências de ocorrência dos cenários de interesse.

3.6.1 Cálculo da Frequência dos Eventos Iniciadores (EI) de Acidentes:

784

A frequência de cada EI foi obtida, multiplicando-se o número de componentes pela frequência de uso de cada componente ao ano (Tabelas 12 a 20).

Tabela 12. Frequência anual do Evento Iniciador 01/A

EI - 01/A		
Causa	Número de Componentes	Frequência/ano
Falha Humana	20 (operadores do cais) (Probabilidade de ocorrer erro operacional = 1/20 (pessoas)/365 (dias)/8 (horas de trabalho)/204 (navios ano)	8,39E-08
Fadiga de Material (Quebra de Cabo de aço)	2000 (comprimento do cabo de aço em m) (Probabilidade de ocorrer fadiga do material = 1/2000 (comprimento do cabo em m)/365 (dias do ano)/8 (horas de trabalho)/5 (guindastes)/204 (navios ano)	1,68E-10
Falha no Guindaste	5 (Quantidade de Guindastes no Cais) (Probabilidade de ocorrer falha no guindaste = 1/5 (Nº de Guindastes)/365 (dias do ano)/8 (horas de trabalho)/204 (navios ano)	3,36E-07
Adernamento de Embarcação	204 (navios ano) (Probabilidade de ocorrer perda de carga de grande magnitude por adernamento de embarcação = 1/204 (navios ano)/81.600 (Nº de Contêineres desembarcados/ano)	6,01E-08
Vento Forte	Ventos acima da 4m/s (Probabilidade de ocorrer ventos acima de 4m/s = 1/3.600 (segundo/dia)/365 (dias do ano)	7,61E-07



Tabela 13. Frequência anual do Evento Iniciador 01/B

EI -01/B		
Causa	Número de Componentes	Frequência/ano
Movimentos de Massa	1 (Probabilidade ocorrer acidente geotécnico = $1/2.230.000$ (Comprimento do rio em m)*2 (margens do rio)/0,5 (estação seca)	4,48E-07
Ciclo Hidrológico	1 (Probabilidade de ocorrer amplitude maior a 10,77m = $1/365$ (dias do ano)/2 (margens)/2230 km (comprimento do rio)	6,14E-07
Frequência total do Evento Iniciador		1,06E-06

Tabela 14. Frequência anual do Evento Iniciador 02

EI -02		
Causa	Número de Componentes	Frequência/ano
Ruptura de tubulação/inclusive corrosão	15	6,67E-09
Probabilidade de ocorrer em bombas centrífugas	12	1,67E-06
Probabilidade de ocorrer em válvulas	30	6,67E-07
Probabilidade de ocorrer em flanges e conexões	75	1,33E-07
Frequência total do Evento Iniciador		2,47E-06

Tabela 15. Frequência anual do Evento Iniciador 03

EI -03		
Causa	Número de Componentes	Frequência/ano
Falha Humana	20 (operadores do cais) (Probabilidade de ocorrer erro operacional = $1/20$ (pessoas)/365 (dias)/8 (horas de trabalho)/204 (navios ano)	8,39E-08
Fadiga de Material (Quebra de Cabo de aço)	2000 (comprimento do cabo de aço em m) (Probabilidade de ocorrer fadiga do material = $1/2000$ (comprimento do cabo em m)/365 (dias do ano)/8 (horas de trabalho)/5 (guindastes)/204 (navios ano)	1,68E-10
Falha no Guindaste	5 (Quantidade de Guindastes no Cais) (Probabilidade de ocorrer falha no guindaste = $1/5$ (Nº de Guindastes)/365 (dias do ano)/8 (horas de trabalho)/204 (navios ano)	3,36E-07
Adernamento de Embarcação	204 (navios ano) (Probabilidade de ocorrer perda de carga de grande magnitude por adernamento de embarcação = $1/204$ (navios ano)/81.600 (Nº de Contêineres desembarcados/ano)	6,01E-08
Vento Forte	Ventos acima da 4m/s (Probabilidade de ocorrer ventos acima de 4m/s = $1/3.600$ (segundo/dia)/365 (dias do ano)	7,61E-07
Frequência total do Evento Iniciador		1,24E-06

785

Tabela 16. Frequência anual do Evento Iniciador 07

EI -07		
Causa	Número de Componentes	Frequência/ano
Falha Humana	1 (Prático da embarcação) (Probabilidade de ocorrer erro operacional = 1 (prático da embarcação)/365 (dias)/8 (horas de trabalho)/204 (navios ano)	1,67875E-06
Falha de Equipamentos de Navegação	4 (Ecobatímetro, Bussola, GPS, Sonar) (Probabilidade de ocorrer falha de equipamentos de navegação = $1/2$ (Equipamentos)/365 (dias do ano)/8 (horas de trabalho)/204 (navios ano)	4,20E-07
Vento Forte	Ventos acima da 4m/s (Probabilidade de ocorrer ventos acima de 4m/s = $1/3.600$ (segundo/dia)/365 (dias do ano)	7,61E-07
Frequência total do Evento Iniciador		2,86E-06



Tabela 17. Frequência anual do Evento Iniciador 08

EI -08		
Causa	Número de Componentes	Frequência/ano
Colisão	Colisão	2,43996E-06
Falha Humana	1 (Naufrágio) (Probabilidade de ocorrer erro operacional = 1 (prático da embarcação)/365 (dias)/8 (horas de trabalho)/204 (navios ano)	1,67875E-06
Falha de Equipamentos de Navegação	4 (Ecobatímetro, Bussola, GPS, Sonar) (Probabilidade de ocorrer falha de equipamentos de navegação = 1/2 (Equipamentos)/365 (dias do ano)/8 (horas de trabalho)/204 (navios ano)	4,20E-07
Vento Forte	Ventos acima da 4m/s (Probabilidade de ocorrer ventos acima de 4m/s = 1/3.600 (segundo/dia)/365 (dias do ano)	7,61E-07
Frequência total do Evento Iniciador		5,30E-06

Tabela 18. Frequência anual do Evento Iniciador 09

EI -09		
Causa	Número de Componentes	Frequência/ano
Ruptura de tubulação/inclusive corrosão	15	6,67E-09
Probabilidade de ocorrer em bombas centrífugas	12	1,67E-06
Probabilidade de ocorrer em válvulas	30	6,67E-07
Probabilidade de ocorrer em flanges e conexões	75	1,33E-07
Frequência total do Evento Iniciador		2,47E-06

Tabela 19. Frequência anual do Evento Iniciador 11

EI -11		
Causa	Número de Componentes	Frequência/ano
Descargas Atmosféricas	6 (2 Galpões, 1 Prédio Administrativo, 2 Portarias, 1 Refeitório) (Probabilidade ocorrer Incêndio por descarga atmosférica = 1/6 (Instalações)/5 (Pararraios)/3600 (segundos/dia)/365 (dias/ano)*0,2 (Poucas fontes de ignição)	5,07E-09
Falha no Sistema Elétrico	6 (2 Galpões, 1 Prédio Administrativo, 2 Portarias, 1 Refeitório) (Probabilidade ocorrer Incêndio por descarga atmosférica = 1/6 (Instalações)/6 (Quadro Elétrico)/3600 (segundos/dia)/365 (dias/ano)*0,2 (Poucas fontes de ignição)	2,11E-08
Frequência total do Evento Iniciador		2,62E-08

786

Tabela 20. Frequência anual do Evento Iniciador 12

EI -12		
Causa	Número de Componentes	Frequência/ano
Adequação de Projeto	1 (Instalações elétricas subterâneas) (Probabilidade de ocorrer incêndio decorrente de escavações = 1/10 (anos de existência do empreendimento)/Área do empreendimento (69.145 m2)/8 (horas de trabalho)/365 (dias/ano)	4,95E-10
Escavação não orientada com ruptura de cabeamento elétrico	1 (Instalações elétricas subterâneas) (Probabilidade de ocorrer incêndio decorrente de escavações = 1/8 (horas de trabalho)/365 (dias/ano)/69.145 (área do empreendimento em m2)	4,95E-09
Frequência total do Evento Iniciador		5,45E-09

3.6.2 Cálculo da Frequência dos Cenários Acidentais:

Foi realizada através da técnica de Árvore de Eventos (AE) a qual foi construída individualmente cada um dos eventos iniciadores (EI). As frequências de cada cenário foram obtidas a partir da multiplicação direta do valor da frequência do EI pelas probabilidades dos itens da árvore de eventos (EA).



3.6.3 Construção da Árvore de Eventos

A seguir são apresentadas as árvores de eventos de acordo com os eventos iniciadores de acidentes (Tabelas 21 a 29).

Tabela 21. Árvore de eventos do EI – 01/A.

Evento Inicador	Perda de Carga Imediata	Falha Humana	Fadiga de Material (Quebra de Cabo de Aço)	Falha no Guindaste	Adernamento de Embarcação	Vento Forte	Nº ID	Cenário dos Acidentes
EI - 01/A								
	N						1	Operação normal
	S	S	N	N	N	N	2	
			S	N	N	N	3	Alteração da qualidade das águas. Perda de Patrimônio.
				S	N	N	4	Danos à integridade física
					S	N	5	
						S	6	

Tabela 22. Árvore de eventos do EI – 01/B.

Evento Inicador	Perda de Carga Imediata	Amplitude do Ciclo Hidrológico > a 10,77m	Movimento de Masa	Nº ID	Cenários dos Acidentes
EI - 01/B					
	N			1-B	Operação Normal
		N		2-B	Operação Normal
		S	N	3-B	Operação Normal
			S	4-B	Alteração da qualidade das águas. Perda de Patrimônio. Danos à integridade física



Tabela 23. Árvore de eventos do EI – 02.

Evento Iniciador	Ignição Imediata	Direção do Vento	Velocidade do Vento	Ignição Retardada	Incêndio/Explosão	Nº ID	Cenário dos Acidentes
EI - 02							
	S					7	Incêndio em Poça
	N	NE-L	V= 0 a 1 m/s	S	I	8	Incêndio em nuvem
					E	9	Explosão de nuvem não confinada
				N		10	Dispersão
			V= 1 a 2 m/s	S	I	11	Incêndio em nuvem
					E	12	Explosão de nuvem não confinada
				N		13	Dispersão
			V= (>) a 2 m/s	N	I	14	Dispersão
		L-SE	V= 0 a 1 m/s	S	I	15	Incêndio em nuvem
					E	16	Explosão de nuvem não confinada
				N		17	Dispersão
			V= 1 a 2 m/s	S	I	18	Incêndio em nuvem
					E	19	Explosão de nuvem não confinada
				N		20	Dispersão
			V= (>) a 2 m/s	N	I	21	Dispersão

Tabela 24. Árvore de eventos do EI – 03.

Evento Iniciador	Queda/Tombamento de Contêiner Imediata	Falha Humana	Fadiga de Material (Quebra de Cabo de Aço)	Falha no Guindaste	Adernamento de Embarcação	Vento Forte	Nº ID	Cenário dos Acidentes
EI - 03								
	N						22	Operação normal
	S	S	N	N	N	N	23	
			S	N	N	N	24	Alteração da qualidade das águas. Perda de Patrimônio.
				S	N	N	25	Danos à integridade física
					S	N	26	
						S	27	

788

Tabela 25. Árvore de eventos do EI – 07.

Evento Iniciador	Colisão	Falha Humana (Praticagem)	Falha de Equipamentos de Navegação	Vento Forte	Nº ID	Cenário dos Acidentes
EI - 07						
	N				28	Operação normal
	S	S	N	N	29	
			S	N	30	Alteração da qualidade das águas. Perda de Patrimônio.
				S	31	Danos à integridade física



Tabela 26. Árvore de eventos do EI – 08.

Evento Inicador	Naufrágio	Colisão	Falha Humana (Praticagem)	Falha de Equipamentos de Navegação	Vento Forte	Nº ID	Cenário dos Acidentes
EI - 08							
	N					32	Operação normal
	S	S	N	N	N	33	Alteração da qualidade das águas. Perda de Patrimônio. Danos à integridade física
			S	N	N	34	
				S	N	35	
					S	36	

Tabela 27. Árvore de eventos do EI – 09.

Evento Iniciador	Ignição Imediata	Direção do Vento	Velocidade do Vento	Ignição Retardada	Incêndio/Expulsão	Nº ID	Cenário dos Acidentes
EI - 09							
	S					37	Incêndio em Poça
	N	NE-L	V= 0 a 1 m/s	S	I	38	Incêndio em nuvem/Alteração da qualidade das águas/Solo
				N	N	39	Dispersão/Alteração da qualidade das águas/Solo
			V= 1 a 2 m/s	S	I	40	Incêndio em nuvem/Alteração da qualidade das águas.
				N	N	41	Dispersão/Alteração da qualidade das águas/Solo
			V= (>) a 2 m/s	N	N	42	Dispersão/Alteração da qualidade das águas/Solo
		L-SE	V= 0 a 1 m/s	S	I	43	Incêndio em nuvem/Alteração da qualidade das águas/Solo
				N	N	44	Dispersão/Alteração da qualidade das águas/Solo
			V= 1 a 2 m/s	S	I	45	Incêndio em nuvem/Alteração da qualidade das águas.
				N	N	46	Dispersão/Alteração da qualidade das águas/Solo
			V= (>) a 2 m/s	N	N	47	Dispersão/Alteração da qualidade das águas/Solo

Tabela 28. Árvore de eventos do EI – 11.

Evento Iniciador	Ignição Imediata	Descargas Atmosféricas	Falha Sistema Elétrico	Ignição Retardada	Incêndio	Nº ID	Cenário dos Acidentes
EI - 11							
	S					48	Incêndio em Nuvem
	N	N				49	Operação Normal
		S	N	N	N	50	Incêndio em nuvem
			S	N	N	51	
				S	I	52	



Tabela 29. Árvore de eventos do EI – 12.

Evento Iniciador	Ignição Imediata	Escavação não orientada	Ruptura de Cabeamento Elétrico	Ignição Retardada	Incêndio /Explosão	Nº ID	Cenário dos Acidentes
EI - 12							
	S					53	Incêndio/Explosão de Equipamentos
	N	N				54	Operação Normal
		S	N	N	I	55	
			S	N	I	56	Incêndio/Explosão de Equipamentos
				S	I	57	

3.6.4 Base de dados para a árvore de eventos

A seguir são apresentados como referência os valores das probabilidades adotados pelo Safety and Reliability Directorate - UK (SRD) da Inglaterra na Análise de Risco de Canvey Island – SRD (1978) (Tabela 30).

Obs: O SRD é uma organização de consulta das indústrias de óleo e gás, nucleares e químicas do Reino Unido.

3.6.4.1 Ignição Imediata

Tabela 30. Dados de probabilidade de ignição imediata utilizados pela Safety and Reliability Directorate - UK (SRD), 1978

Fontes de Ignição	Probabilidade
Nenhuma	0,1
Muito Poucas	0,2
Poucas	0,5
Muitas	0,9

790

Nenhuma - Nenhuma prontamente.

Muito Poucas - Grande liberação de líquido inflamável sob pressão após ruptura catastrófica do tanque em uma área de tancagem ("tank farm").

Poucas - Liberação de material inflamável próximo a operações não contínuas.

Muitas - Liberação de material inflamável em uma instalação industrial de processo ou uma liberação resultante de um incêndio ou explosão nas vizinhanças.

3.6.4.2 Ignição Retardada

Neste trabalho foi adotado o valor de 0,9 para probabilidade de ignição imediata dentro das instalações industriais e 0,5 para locais externos à instalação (Tabela 31).

- Ignição em nuvem



Tabela 31. Dados de probabilidade de ignição imediata utilizados pela Safety and Reliability Directorate - UK (SRD), 1978

Ignição em nuvem	Probabilidade
Terreno vazio	0,0
Área Industrial	0,065

3.6.4.3 Pontos com possibilidade de ignição identificados na área do Complexo

Portuário

- Rua Interna
- Cozinha/Refeitório
- Central de Utilidades – Oficina
- Cais
- Pontes e Trapiche
- Pátio de Armazenamento de Contêineres
- Galpões
- Instalações administrativas

3.6.5 Resultados das frequências dos cenários escolhidos

791

Os cenários identificados foram associados a cada evento iniciador de acidentes, aos seus prováveis efeitos e causas, e em qual sistema ocorrerá o cenário.

Os resultados das frequências anuais dos cenários são apresentados nas tabelas 32 a 40.



Tabela 32. Frequência de ocorrência anual dos cenários acidentais do Evento Iniciador 01/A

Evento Iniciador	Nº Cenário	Local de Ocorrência	Efeito	Frequência do EI	Perda de Carga Imediata	Falha Humana	Material (Quebra de Cabo de Aço)	Falha no Guindaste	Adernamento de Embarcação	Vento Forte	Probabilidade de Ignição Imediata	Frequência de Ocorrência do Cenário
El - 01/A	1				N							
		Cais Flutuante	Alteração da qualidade das águas. Perda de Patrimônio. Danos à integridade física	1,24E-06	S	8,39E-08	N	N	N	N	9,00E-01	7,55E-08
							1,68E-10	N	N	N	9,00E-01	1,51E-10
								3,36E-07	N	N	9,00E-01	3,02E-07
									6,01E-08	N	9,00E-01	5,41E-08
										7,61E-07	9,00E-01	6,85E-07

Tabela 33. Frequência de ocorrência anual dos cenários acidentais do Evento Iniciador 01/B

Evento Iniciador	Nº Cenário	Local de Ocorrência	Efeito	Frequência do EI	Perda de Carga Imediata	Amplitude do Ciclo Hidrológico > a 10,77m	Movimento de Masa	Probabilidade de Ignição Imediata	Frequência de Ocorrência do Cenário
El - 01/B	35				N				
		Pátio de Armazenamento de Contêineres	Alteração da qualidade das águas. Perda de Patrimônio. Danos à integridade física	1,06E-06		N		9,00E-01	5,53E-07
						6,14288E-07	N	9,00E-01	4,04E-07
							4,4843E-07		



Tabela 34. Frequência de ocorrência anual dos cenários acidentais do Evento Iniciador 02

Evento Iniciador	Nº Cenário	Local de Ocorrência	Efeito	Ignição Imediata	Ignição Retardada	Frequência do EI	Direção do vento (fração de tempo)	Velocidade do vento (fração de tempo)	Probabilidade de Ignição Retardada	Probabilidade de Explosão da Nuvem	Frequência do Cenário
EI - 02	38	Cais/Pátio de Contêineres/Pontes e Trapiche	Incêndio em nuvem/Alteração da qualidade das águas/Solo	N	S	2,473E-06	NE-L 0,58	V= 0 a 1 m/s			
								0,58	0,5	0,5	2,08E-07
								V= 1 a 2 m/s			
								0,41	0,5	0,5	1,47E-07
							L-SE 0,42	V= (>) a 2 m/s			
								0,1	0,5	0,5	3,59E-08
								V= 0 a 1 m/s			
								0,58	0,5	0,5	1,51E-07
								V= 1 a 2 m/s			
								0,41	0,5	0,5	1,06E-07
								V= (>) a 2 m/s			
								0,1	0,5	0,5	2,60E-08

Tabela 35. Frequência de ocorrência anual dos cenários acidentais do Evento Iniciador 03

Evento Iniciador	Nº Cenário	Local de Ocorrência	Efeito	Frequência do EI	Perda de Carga Imediata	Falha Humana	Material (Quebra de Cabo de Aço)	Falha no Guindaste	Adernamento de Embarcação	Vento Forte	Probabilidade de Ignição Imediata	Frequência de Ocorrência do Cenário
EI - 03	5,7,27 e 41	Cais Flutuante/Pátio de Contêineres	Alteração da qualidade das águas. Perda de Patrimônio. Danos à integridade física	1,24E-06	N S	8,39E-08	N 1,68E-10	N 3,36E-07	793 N N N 6,01E-08	N N N N 7,61E-07	9,00E-01 9,00E-01 9,00E-01 9,00E-01 9,00E-01	7,55E-08 1,51E-10 3,02E-07 5,41E-08 6,85E-07



Tabela 36. Frequência de ocorrência anual dos cenários acidentais do Evento Iniciador 07

Evento Iniciador	Nº Cenário	Local de Ocorrência	Efeito	Frequência do EI	Colisão	Embarcação-Cais	Falha Humana	Falha de Equipamentos de Navegação	Vento Forte	Ignição Imediata	Ignição Retardada	Frequência do Cenário
EI - 07	11 e 12	Cais Flutuante	Alteração da qualidade das águas.	2,86E-06	N S	N 0,55	N 1,68E-06	N N 4,20E-07	N N N 7,61E-07	N N N N 0,9	N N N N 0,5	1,57E-06
			Perda de Patrimônio.									2,82E-12
			Danos à integridade física									1,76E-13
												5,79E-13
												2,57E-06
												1,43E-06

Tabela 37. Frequência de ocorrência anual dos cenários acidentais do Evento Iniciador 08

Evento Iniciador	Nº Cenário	Local de Ocorrência	Efeito	Frequência do EI	Falha Humana	Falha de Equipamentos de Navegação	Vento Forte	Frequência do Cenário
EI - 08	13	Bacia de Evolução de Navios	Danos Materiais (Perda de Patrimônio) - Vazamentos (Danos ambientais) - Danos à integridade	5,30E-06	N 1,6788E-06	N N 4,20E-07	N N N 7,61E-07	4,12E-06
								2,86E-06
								3,20E-06



Tabela 38. Frequência de ocorrência anual dos cenários acidentais do Evento Iniciador 09

Evento Iniciador	Nº Cenário	Local de Ocorrência	Efeito	Frequência do EI	Ignição Imediata	Ruptura de tubulação/inclusive corrosão	Probabilidade de ocorrer em bombas centrífugas	Probabilidade de ocorrer em válvulas	Probabilidade de ocorrer em flanges e conexões	Ignição Retardada	Frequência do Cenário
EI - 09	17,19,31,33	Cais/Pontes/Trapiche	- Alteração da qualidade das águas - Incendio em Poça - - Danos à biota aquática; - Danos às instalações / equipamentos; - Danos à integridade física pessoas presentes no local	2,47E-06	N	N					
					0,9	6,67E-09	N			6,00E-09	
							1,67E-06	N		1,50E-06	
							6,67E-07	N		6,00E-07	
								1,33E-07	N	1,20E-07	
									0,5	1,24E-06	

Tabela 39. Frequência de ocorrência anual dos cenários acidentais do Evento Iniciador 11

Evento Iniciador	Nº Cenário	Local de Ocorrência	Efeito	Frequência do EI	Ignição Imediata	Descargas Atmosféricas	Falha no Sistema Elétrico	Probabilidade de Ignição Retardada	Frequência do Cenário
EI - 11	24,48,50,55,57	Instalações (Administrativas, Galpões, Portarias)	Perda de Patrimônio. Danos à integridade física; - Danos às instalações e equipamentos; -	2,62E-08	N	5,07357E-09	N	N	2,36E-08
			Alteração da qualidade do solo. Incêndio.		0,9				4,57E-09
									1,90E-08
									1,31E-08

795



Tabela 40. Frequência de ocorrência anual dos cenários acidentais do Evento Iniciador 12

Evento Iniciador	Nº Cenário	Local de Ocorrência	Efeito	Frequência do EI	Ignição Imediata	Adequação de projeto	Falha no Sistema Elétrico	Probabilidade de Ignição Retardada	Frequência do Cenário
EI - 12	4 e 56	Pátio, Instalações Administrativas e Galpões (Escavações sobre Instalações Elétricas)	Perda de Patrimônio. Danos à integridade física; - Danos às instalações e equipamentos; - Alteração da qualidade do solo. Incêndio.	5,45E-09	N	4,95286E-10	N	4,95E-09	4,90E-09
					0,9				-4,46E-10
									4,46E-09
									2,72E-09



3.7 Considerações Finais da APP

1. Os perigos levantados na Análise Preliminar de Perigos (APP) são associados, principalmente, a aspectos operacionais humanos e falhas de equipamentos;
2. Os perigos associados a fenômenos naturais dependem de agravantes que podem potencializar sua severidade. Dentre os agravantes podemos citar alguns exemplos: erosão fluvial e pluvial, formação de voçorocas e ravinas, desmatamento e abandono de áreas degradadas, elevados níveis de declividade nas falésias fluviais, ocorrência de solos friáveis (quaternários), etc.
3. Estas Morfofisionomias se repetem ao longo das margens dos cursos de água regionais. Entretanto a ocorrência dos mesmos é dispersa nos rios amazônicos, colocando qualquer empreendimento e/ou área urbana regional nas mesmas condições probabilísticas de ocorrência desses fenômenos.
4. No caso do empreendimento em questão os agravantes são mitigados pela instalação de estruturas civis.
 - Proteção contra erosão fluvial (muro de gabião/arrimo).
 - Recomposição de taludes e encostas (retaludamento).
 - Proteção contra erosão pluvial (proteção de encostas e taludes por cobertura vegetal e por cobertura de concreto armado por malhas galvanizadas, instalação de sistema de drenagem de águas pluviais).
 - Pavimentação do Pátio de Armazenamento de Contêineres (cobertura de solo exposto).
 - Estabilização do maciço do solo (solos friáveis) a partir de técnica de Geo-Grouting.



4. ANÁLISE DE CONSEQUÊNCIAS E VULNERABILIDADE

4.1 Introdução

A extensão dos possíveis danos ambientais causados por empreendimentos de diversas modalidades é proporcional à intensidade do efeito físico causador do dano. Os modelos de vulnerabilidade estabelecem a relação entre a intensidade do efeito físico e o dano correspondente, permitindo obter-se o limite da zona vulnerável a um determinado nível de dano. Assim a análise de vulnerabilidade tem como objetivo identificar a região atingida por danos causados por eventos acidentais.

O objetivo da Análise de Vulnerabilidade foi estimar os impactos de eventos acidentais levando em consideração os seguintes itens: severidade, distância, intensidade e tempo. Ao longo desta parte do estudo será apresentada uma estimativa da quantificação dos efeitos dos acidentes em relação ao meio ambiente, ao homem e às propriedades, dando ênfase aos seguintes aspectos principais:

- Cálculo dos espaços vulneráveis para os cenários de acidentes identificados na APP;
- Plotagem, em escala adequada, dos espaços vulneráveis.

798

4.2 Método

Identificação das áreas vulneráveis: esta avaliação foi realizada seguindo os seguintes critérios:

- Áreas com maior potencial de gerar acidentes: cais flutuante, pontes e trapiche, pátio de armazenamento de contêineres.

- Áreas passivas de sofrer as consequências dos acidentes (áreas com maior densidade de pessoas em horários de expediente comercial): prédios administrativos; refeitório, portaria, e área de manutenção de empilhadeiras.

As áreas escolhidas são propensas a originar e a receber diversos tipos de impactos decorrentes de acidentes. Dentre eles destacamos três situações: 1ª a de originar radiação térmica e gerar explosões, 2ª de receber Radiação térmica e de sobrepressões decorrentes de explosões e 3ª de sofrer efeitos de fenômenos naturais. De acordo com essas características as áreas foram classificadas da seguinte forma:



Áreas vulneráveis a radiação térmica

Por bola de fogo;

Por Incêndio em poça;

Áreas vulneráveis a explosão (sobrepessão)

Áreas propensas a movimentos de massa

4.2.1 Mapeamento das áreas (espaços) vulneráveis

As plotagens das áreas foram realizadas a partir de plantas de locação do plano diretor das instalações do empreendimento Porto Chibatão, município de Manaus, AM, por plotagem a partir de imagens de satélite de alta resolução. Como técnica complementar as áreas foram georreferenciadas com uso de tecnologia geodésica.

Equipamentos utilizados e software:

- Foram utilizados dois (02) receptores geodésicos (TOPCON Modelo Hiper+) de sinal do sistema GNSS de dupla frequência (L1/L2), devidamente georreferenciados ao sistema Geodésico Brasileiro, transportados do SAT IBGE (RBMC de Manaus).
- Processamento e ajustamento das coordenadas dos pontos rastreados foram realizados pelo software TOPCON TOOLS, permitindo análise detalhada de cada vetor.

799

4.2.2 Locação das áreas vulneráveis

As áreas vulneráveis correspondem aos cenários escolhidos a partir dos Eventos Iniciadores de Acidentes na APP (Cais Flutuante, Pontes e Trapiche, Pátio de Contêineres, Área de Manutenção de Empilhadeiras, Galpões e Instalações Administrativas).

Delimitação das áreas vulneráveis: as áreas foram delimitadas a partir das curvas de emissão de radiação térmica e das ondas de sobrepressão associadas às probabilidades de fatalidades dos dados do Probit (TNO - Purple Book pagina 5.12, 1992). A partir dessas associações foram geradas curvas de iso-risco determinando o raio de impacto e de segurança para os possíveis impactos decorrentes de acidentes nas instalações do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.).

As curvas de iso-risco foram geradas tomando como base o ponto central de cada evento iniciador de acidente.



Para a plotagem foram utilizados os softwares livres MapSource 6.16.3 e o GPSTM 13.8.

Para as instalações internas os desenhos foram realizados em base Topograph 98SE e Topcon Tools PRO a partir da planta do plano diretor do empreendimento.

Para as instalações externas os desenhos foram realizados em base CAD a partir da planta do plano diretor do município de Manaus, AM.

4.2.3 Cálculo das probabilidades nas áreas vulneráveis

Para avaliação dos danos causados pelos acidentes, utilizam-se as equações de Probit, que permitem relacionar a intensidade do efeito físico com o nível de dano esperado. Ela é apresentada da seguinte forma:

$$P = 1. (2\pi)^{-1/2} \cdot \int_{-\infty}^{Y-5} \exp - (\mu^2/2) du$$

O percentual de morte na área afetada pelo acidente corresponde à função de distribuição acumulada de P . Esta correspondência matemática é mais fácil de ser usada na forma de um quadro, conforme mostrado na Tabela 41, na qual a primeira linha e a primeira coluna indicam o percentual de morte na área afetada correspondente aos valores de Probit que constam nas demais linhas e colunas.

800

Tabela 41. Relação entre o PROBIT e o percentual de morte na área afetada.

%	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,00	2,67	2,95	3,12	3,25	3,36	3,45	3,52	3,59	3,66
10	3,72	3,77	3,82	3,87	3,92	3,96	4,01	4,05	4,08	4,12
20	4,16	4,19	4,23	4,26	4,29	4,33	4,36	4,39	4,42	4,45
30	4,48	4,50	4,53	4,56	4,59	4,61	4,64	4,67	4,69	4,72
40	4,75	4,77	4,80	4,82	4,85	4,87	4,90	4,92	4,95	4,97
50	5,00	5,03	5,05	5,08	5,10	5,13	5,15	5,18	5,20	5,23
60	5,25	5,28	5,31	5,33	5,36	5,39	5,41	5,44	5,47	5,50
70	5,52	5,55	5,58	5,61	5,64	5,67	5,71	5,74	5,77	5,81
80	5,84	5,88	5,92	5,95	5,99	6,04	6,08	6,13	6,18	6,23
90	6,28	6,34	6,41	6,48	6,55	6,64	6,75	6,88	7,05	7,33



4.2.4 Cálculo da Probabilidade de Fatalidades em Área Vulnerável a Radiação Térmica

São áreas influenciadas diretamente pela ocorrência de incêndio em poça e bola de fogo. Estas áreas foram delimitadas pela demarcação estabelecidas por linhas de isofluxo térmico, correspondentes aos níveis de fluxo térmico de interesse, calculados pela equação a seguir:

$$Y = -14,9 + 2,56 \ln (T I^{4/3} 10^{-4})$$

Onde:

T = tempo (em segundos) de exposição a radiação térmica;

I = Intensidade de radiação térmica (kW/m²).

4.2.5 Cálculo da Probabilidade de Fatalidades em Área Vulnerável a Explosões

Para a determinação da área vulnerável a explosão de nuvem não confinada devido à liberação de substância inflamável, é considerada a massa da substância liberada que está entre o limite inferior e superior de inflamabilidade. Assim, se a massa encontrada entre estes limites superar a massa mínima necessária para uma explosão, à equação de probit poderá fornecer o percentual de fatalidades na região afetada a partir de ondas de sobrepressão.

801

4.2.6 Equações de Probabilidades (Probit)

- Equação de Probit para morte por hemorragia no pulmão (Pessoas Fora das Edificações ou Estruturas)

$$Y = -77,1 + 6,91 \ln \Delta P$$

Onde:

Y = Resultado da equação do Probit

ΔP = Sobrepressão (N/m²)

4.2.7 Equação de Probit para morte por impacto (Pessoas Dentro das Edificações ou Estruturas)

$$Y = -46,1 + 4,82 \ln J$$

Onde:



Y = Resultado da equação do Probit

J = Impulso (N.s/m²)

4.3 Resultados dos cálculos de vulnerabilidade

4.3.1 Probabilidade de Fatalidades em Área Vulnerável a Radiação térmica - Incêndio

(Bola de Fogo)

Origem do Incêndio = Navio

Características do incêndio

Volume = 52 m³ de óleo diesel.

Raio da Bola de Fogo = 81m

Tempo de reação = 12,57 segundos

Probabilidade de Fatalidades

Tabela 42. Probit e Probabilidade de fatalidades por incêndio (bola de fogo), em função da distância, com origem em navio aportado no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.

Tempo de Exposição (segundos)	Probit Calculado	Distância da Origem da Radiação (m)	Radiação Térmica (kW/m ²)	Fatalidade (%)
Imediata	> a 7,33	81	76,21	100
20	5,01	108,4	43,5	49
20	2,78	113,7	35	1

Tabela 43. Probabilidade de fatalidades por incêndio (bola de fogo), com origem em navio aportado no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.

Probabilidade de Fatalidades em Área Vulnerável a Radiação Térmica	
Hipótese Acidental	Incêndio
Tipo	Bola de Fogo
Origem da Radiação Térmica	Navio
Local de Recepção da Radiação Térmica	Cais Flutuante (Área de Operações)
Tipo de Material Combustível	Diesel
Volume da Fonte de Ignição (m ³)	52
Velocidade de deslocamento da radiação (m/s)	8,8
Distância (m)	81
Intensidade da Radiação (Q = kW/m ²)	54,8
Probit Calculado	7,37



Tabela 44. Probabilidade de fatalidades por incêndio (bola de fogo), com origem em navio aportado no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.

Probabilidade de Fatalidades em Área Vulnerável a Radiação Térmica	
Hipótese Acidental	Incêndio
Tipo	Bola de Fogo
Origem da Radiação Térmica	Navio
Local de Recepção da Radiação Térmica	Cais Flutuante/Pontes
Tipo de Material Combustível	Diesel
Volume da Fonte de Ignição (m ³)	52
Velocidade de deslocamento da radiação (m/s)	8,8
Distância (m)	108,4
Intensidade da Radiação (Q = kW/m ²)	43,36
Probit Calculado	4,97

Tabela 45. Probabilidade de fatalidades por incêndio (bola de fogo), com origem em navio aportado no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.

Probabilidade de Fatalidades em Área Vulnerável a Radiação Térmica	
Hipótese Acidental	Incêndio
Tipo	Bola de Fogo
Origem da Radiação Térmica	Pátio
Local de Recepção da Radiação Térmica	Cais Flutuante/Pontes
Tipo de Material Combustível	Diesel
Volume da Fonte de Ignição (m ³)	16
Velocidade de deslocamento da radiação (m/s)	8,8
Distância (m)	113,7
Intensidade da Radiação (Q = kW/m ²)	32,7
Probit Calculado	2,52

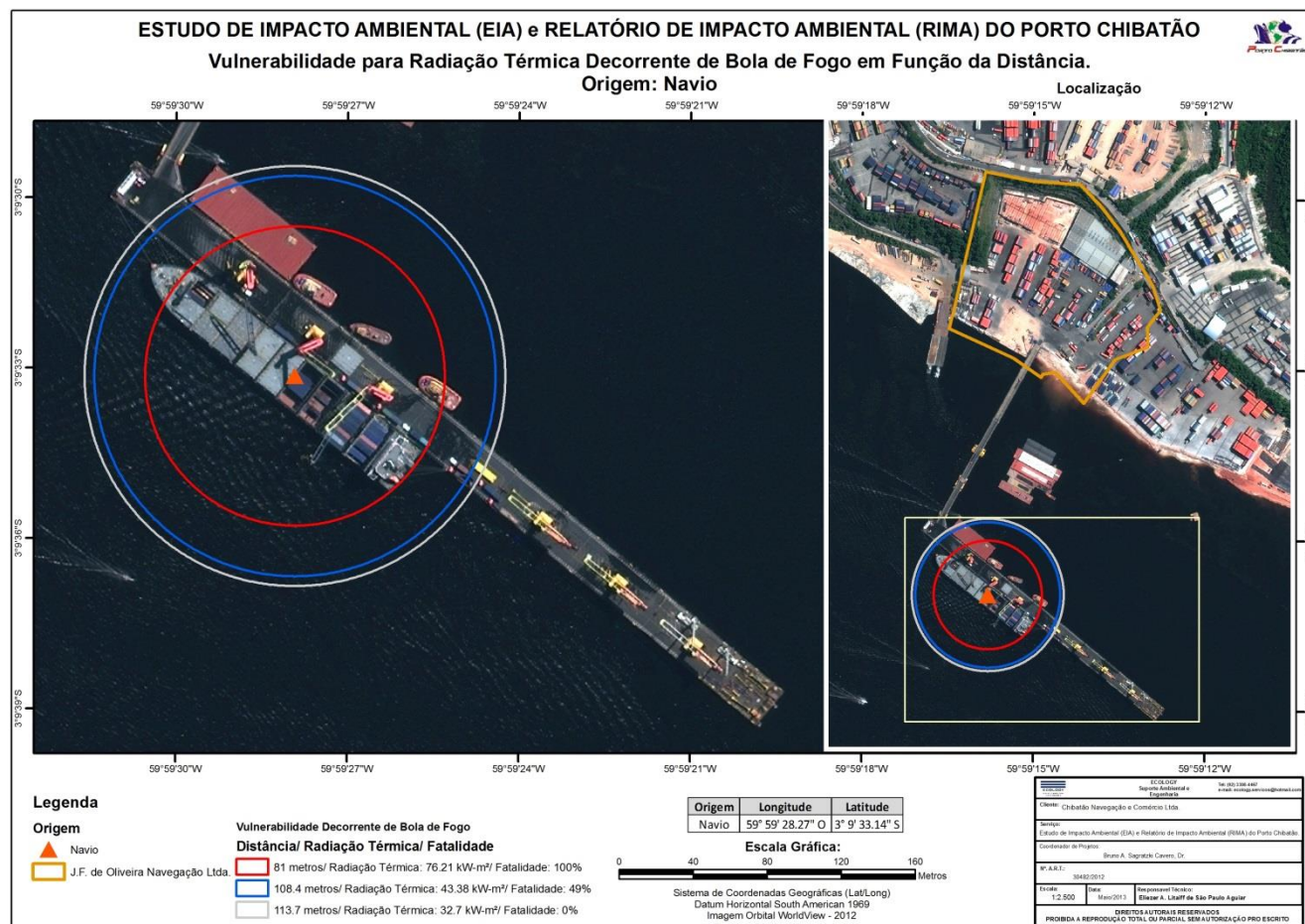


Figura 3. Efeito da radiação térmica decorrente de bola de fogo com origem em Navio aportado no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) Manaus, AM



Origem do Incêndio = Cais Flutuante

Características do incêndio

Volume = 20 m³ de óleo diesel.

Raio da Bola de Fogo = 59m

Tempo de reação = 9,14 segundos

Probabilidade de Fatalidades

Tabela 46. Probit e Probabilidade de fatalidades por incêndio (bola de fogo), em função da distância, com origem no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.

Tempo de Exposição (segundos)	Probit Calculado	Distância da Origem da Radiação (m)	Radiação Térmica (kW/m²)	Fatalidade (%)
Imediata	> a 7,33	58,95	40,32	100
20	4,23	84,77	40,32	22
20	2,78	90,18	35	1

Tabela 47. Probabilidade de fatalidades por incêndio (bola de fogo), com origem no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.

Probabilidade de Fatalidades em Área Vulnerável a Radiação Térmica	
Hipótese Acidental	Incêndio
Tipo	Bola de Fogo
Origem da Radiação Térmica	Cais Flutuante (Área de Operações)
Local de Recepção da Radiação Térmica	Navio
Tipo de Material Combustível	Diesel
Volume da Fonte de Ignição (m³)	20
Velocidade de deslocamento da radiação (m/s)	8,8
Distância (m)	58,95
Intensidade da Radiação (Q = kW/m²)	40,32
Probit Calculado	> 7,33



Tabela 48. Probabilidade de fatalidades por incêndio (bola de fogo), com origem no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.

Probabilidade de Fatalidades em Área Vulnerável a Radiação Térmica	
Hipótese Acidental	Incêndio
Tipo	Bola de Fogo
Origem da Radiação Térmica	Cais Flutuante (Área de Operação)
Local de Recepção da Radiação Térmica	Pontes
Tipo de Material Combustível	Diesel
Volume da Fonte de Ignição (m ³)	20
Velocidade de deslocamento da radiação (m/s)	8,8
Distância (m)	84,77
Intensidade da Radiação (Q = kW/m ²)	40,32
Probit Calculado	4,23

Tabela 49. Probabilidade de fatalidades por incêndio (bola de fogo), com origem no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.

Probabilidade de Fatalidades em Área Vulnerável a Radiação Térmica	
Hipótese Acidental	Incêndio
Tipo	Bola de Fogo
Origem da Radiação Térmica	Cais Flutuante (Área de Operação)
Local de Recepção da Radiação Térmica	Pátio
Tipo de Material Combustível	Diesel
Volume da Fonte de Ignição (m ³)	20
Velocidade de deslocamento da radiação (m/s)	8,8
Distância (m)	90,18
Intensidade da Radiação (Q = kW/m ²)	35
Probit Calculado	2,78

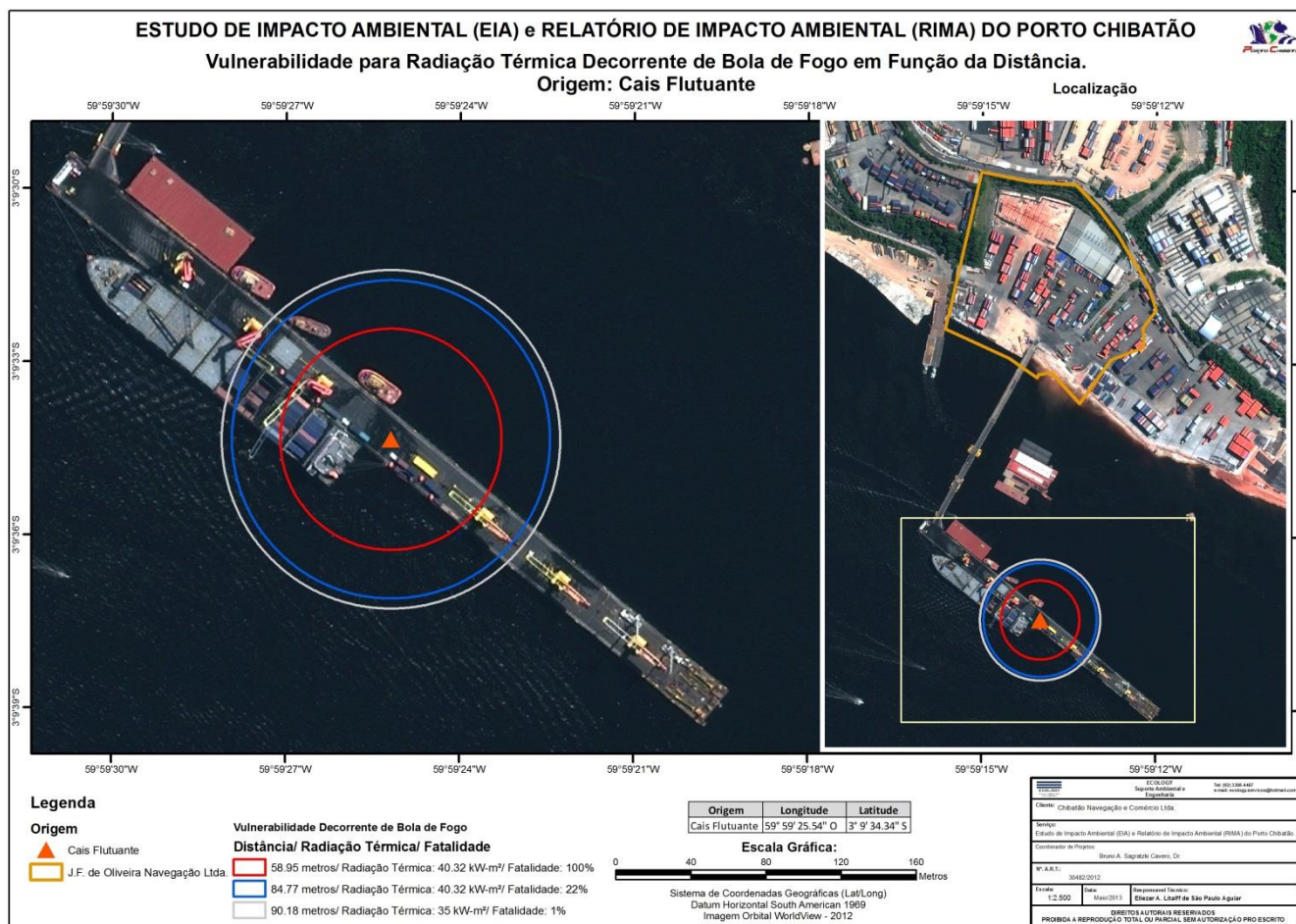


Figura 4. Efeito da radiação térmica decorrente de bola de fogo com origem no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) Manaus, AM.



Origem do Incêndio = Pátio de Contêineres

Características do incêndio

Volume = 20 m³ de óleo diesel.

Raio da Bola de Fogo = 59m

Tempo de reação = 9,14 segundos

Probabilidade de Fatalidades

Tabela 50. Probit e Probabilidade de fatalidades por incêndio (bola de fogo), em função da distância, com origem no Pátio de Contêineres do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.

Tempo de Exposição (segundos)	Probit Calculado	Distância da Origem da Radiação (m)	Radiação Térmica (kW/m²)	Fatalidade (%)
Imediata	> a 7,33	58,95	40,32	100
20	4,23	84,77	40,32	22
20	2,78	90,18	35	1

808

Tabela 51. Probabilidade de fatalidades por incêndio (bola de fogo), com origem no Pátio de Contêineres Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.

Probabilidade de Fatalidades em Área Vulnerável a Radiação Térmica	
Hipótese Acidental	Incêndio
Tipo	Bola de Fogo
Origem da Radiação Térmica	Pátio de Contêineres
Local de Recepção da Radiação Térmica	Pátio de Contêineres
Tipo de Material Combustível	Diesel
Volume da Fonte de Ignição (m³)	20
Velocidade de deslocamento da radiação (m/s)	8,8
Distância (m)	58,95
Intensidade da Radiação (Q = kW/m²)	40,32
Probit Calculado	> 7,33



Tabela 52. Probabilidade de fatalidades por incêndio (bola de fogo), com origem no Pátio de Contêineres Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.

Probabilidade de Fatalidades em Área Vulnerável a Radiação Térmica	
Hipótese Acidental	Incêndio
Tipo	Bola de Fogo
Origem da Radiação Térmica	Pátio de Contêineres
Local de Recepção da Radiação Térmica	Pontes/Portaria/Refeitório/Prédios Administrativos/Galpões/Área de Manutenção de Empilhadeiras
Tipo de Material Combustível	Diesel
Volume da Fonte de Ignição (m ³)	20
Velocidade de deslocamento da radiação (m/s)	8,8
Distância (m)	84,77
Intensidade da Radiação (Q = kW/m ²)	40,32
Probit Calculado	4,23

Tabela 53. Probabilidade de fatalidades por incêndio (bola de fogo), com origem no Pátio de Contêineres Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.

809

Probabilidade de Fatalidades em Área Vulnerável a Radiação Térmica	
Hipótese Acidental	Incêndio
Tipo	Bola de Fogo
Origem da Radiação Térmica	Pátio de Contêineres
Local de Recepção da Radiação Térmica	Pontes/Portaria/Refeitório/Prédios Administrativos/Galpões/Área de Manutenção de Empilhadeiras
Tipo de Material Combustível	Diesel
Volume da Fonte de Ignição (m ³)	20
Velocidade de deslocamento da radiação (m/s)	8,8
Distância (m)	90,18
Intensidade da Radiação (Q = kW/m ²)	35
Probit Calculado	2,78

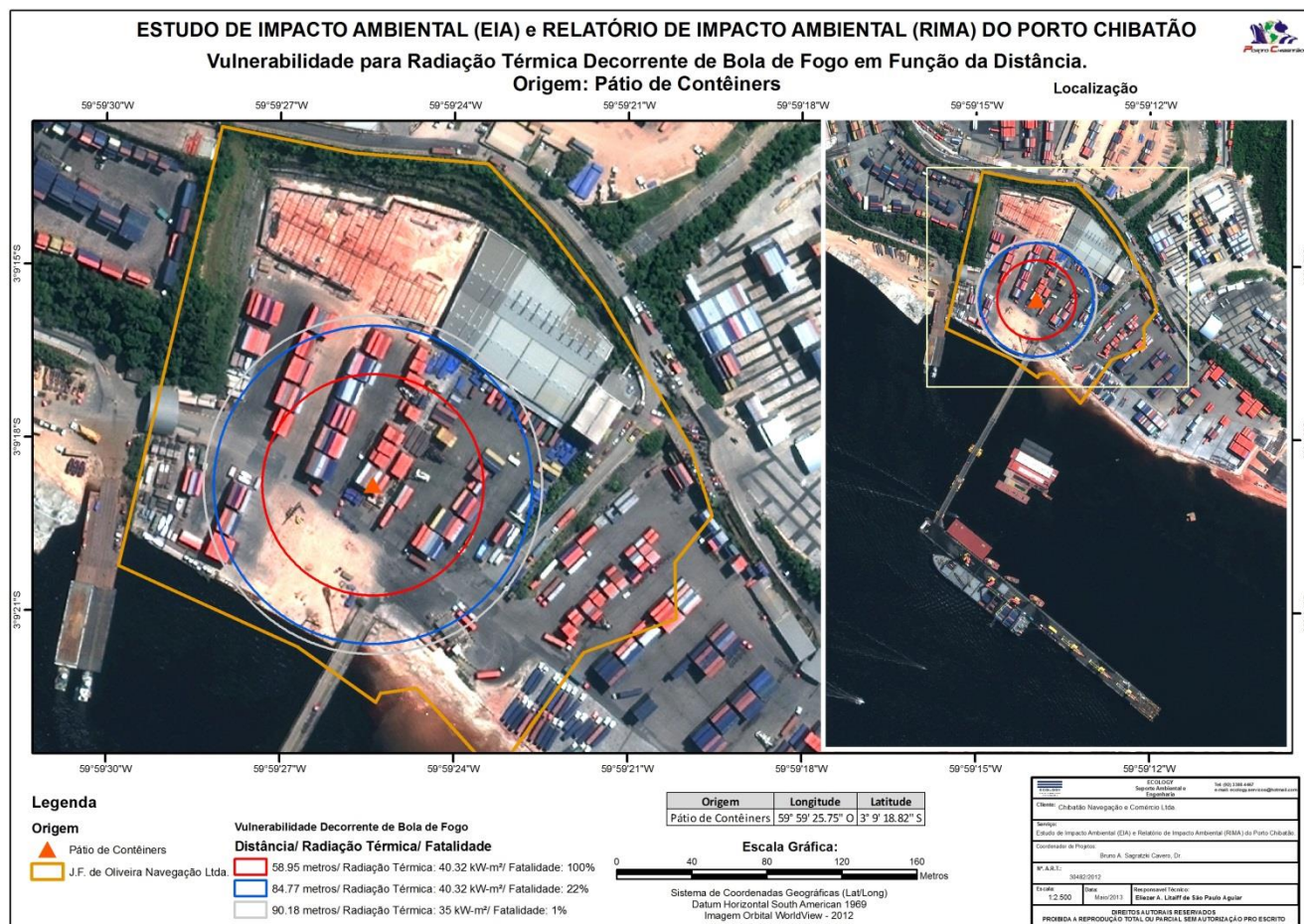


Figura 5. Efeito da radiação térmica decorrente de bola de fogo com origem no Pátio de Contêineres do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) Manaus, AM



Origem do Incêndio = Área de Manutenção de Empilhadeiras

Características do incêndio

Volume = 20 m³ de óleo diesel.

Raio da Bola de Fogo = 59m

Tempo de reação = 9,14 segundos

Probabilidade de Fatalidades

Tabela 54. Probit e Probabilidade de fatalidades por incêndio (bola de fogo), em função da distância, com origem na Área de Manutenção de Empilhadeiras do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.

Tempo de Exposição (segundos)	Probit Calculado	Distância da Origem da Radiação (m)	Radiação Térmica (kW/m²)	Fatalidade (%)
Imediata	> a 7,33	58,95	40,32	100
20	4,23	84,77	40,32	22
20	2,78	90,18	35	1

811

Tabela 55. Probabilidade de fatalidades por incêndio (bola de fogo), com origem na Área de Manutenção de Empilhadeiras do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.

Probabilidade de Fatalidades em Área Vulnerável a Radiação Térmica	
Hipótese Acidental	Incêndio
Tipo	Bola de Fogo
Origem da Radiação Térmica	Área de Manutenção de Empilhadeiras
Local de Recepção da Radiação Térmica	Pátio de Contêineres
Tipo de Material Combustível	Diesel
Volume da Fonte de Ignição (m³)	20
Velocidade de deslocamento da radiação (m/s)	8,8
Distância (m)	58,95
Intensidade da Radiação (Q = kW/m²)	40,32
Probit Calculado	> 7,33



Tabela 56. Probabilidade de fatalidades por incêndio (bola de fogo), com origem na Área de Manutenção de Empilhadeiras do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.

Probabilidade de Fatalidades em Área Vulnerável a Radiação Térmica	
Hipótese Acidental	Incêndio
Tipo	Bola de Fogo
Origem da Radiação Térmica	Área de Manutenção de Empilhadeiras
Local de Recepção da Radiação Térmica	Galpões de Cargas/Prédios Adminstrativos/Refeitório
Tipo de Material Combustível	Diesel
Volume da Fonte de Ignição (m ³)	20
Velocidade de deslocamento da radiação (m/s)	8,8
Distância (m)	84,77
Intensidade da Radiação (Q = kW/m ²)	40,32
Probit Calculado	4,23

Tabela 57. Probabilidade de fatalidades por incêndio (bola de fogo), com origem na Área de Manutenção de Empilhadeiras do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.

Probabilidade de Fatalidades em Área Vulnerável a Radiação Térmica	
Hipótese Acidental	Incêndio
Tipo	Bola de Fogo
Origem da Radiação Térmica	Área de Manutenção de Empilhadeiras
Local de Recepção da Radiação Térmica	Galpões de Cargas/Prédios Adminstrativos/Refeitório
Tipo de Material Combustível	Diesel
Volume da Fonte de Ignição (m ³)	20
Velocidade de deslocamento da radiação (m/s)	8,8
Distância (m)	90,18
Intensidade da Radiação (Q = kW/m ²)	35
Probit Calculado	2,78

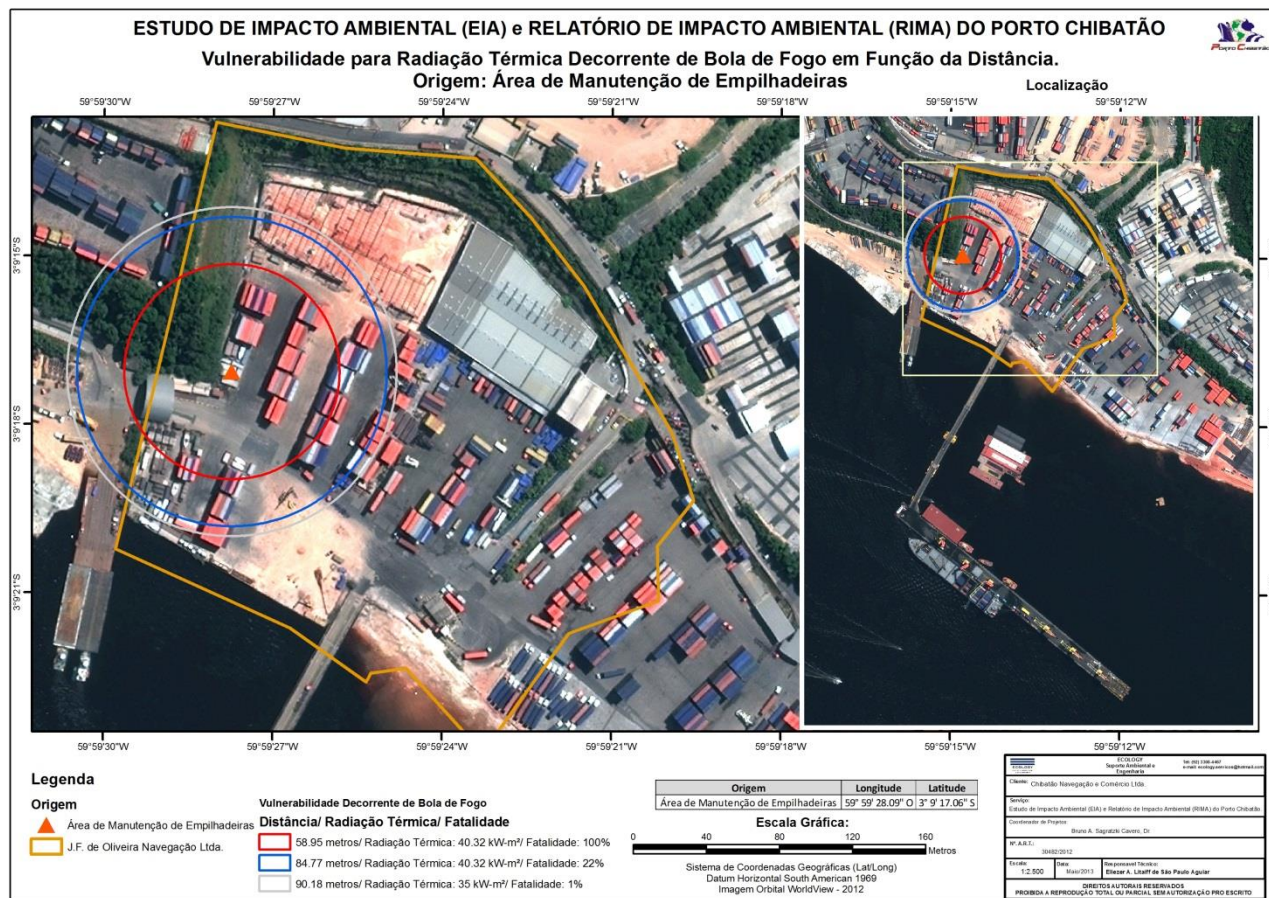


Figura 6. Efeito da radiação térmica decorrente de bola de fogo com origem na Área de Manutenção de Empilhadeiras do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) Manaus, AM



4.3.2 Probabilidade de Fatalidades em Área Vulnerável a Radiação Térmica – Incêndio (Poça)

Origem do Incêndio = Navio

Características do incêndio

Volume = 20 m³ de óleo diesel.

Diâmetro da Poça = 14,31m

Tempo de reação = 9,14 segundos

Probabilidade de Fatalidades

Tabela 58. Probit e Probabilidade de fatalidades por incêndio (Poça), em função da distância, com origem no Navio Aportado no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.

Tempo de Exposição (segundos)	Probit Calculado	Distância da Origem da Radiação (m)	Radiação Térmica (kW/m ²)	Fatalidade (%)
Imediata	> a 7,33	23	54,88	100
20	5,01	27,3	43,5	50
20	2,78	32	35	1

814

Tabela 59. Probabilidade de fatalidades por incêndio (Poça), com origem no Navio aportado no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.

Probabilidade de Fatalidades em Área Vulnerável a Radiação Térmica	
Hipótese Acidental	Incêndio
Tipo	Poça
Origem da Radiação Térmica	Navio
Local de Recepção da Radiação Térmica	Cais Flutuante (Área de Operações)
Tipo de Material Combustível	Diesel
Volume da Fonte de Ignição (m ³)	20
Velocidade de deslocamento da radiação (m/s)	8,8
Distância (m)	23
Intensidade da Radiação (Q = kW/m ²)	54,88
Probit Calculado	> 7,33



Tabela 60. Probabilidade de fatalidades por incêndio (Poça), com origem Navio aportado no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.

Probabilidade de Fatalidades em Área Vulnerável a Radiação Térmica	
Hipótese Acidental	Incêndio
Tipo	Poça
Origem da Radiação Térmica	Navio
Local de Recepção da Radiação Térmica	Cais Flutuante/Pontes
Tipo de Material Combustível	Diesel
Volume da Fonte de Ignição (m ³)	20
Velocidade de deslocamento da radiação (m/s)	8,8
Distância (m)	27,3
Intensidade da Radiação (Q = kW/m ²)	43,5
Probit Calculado	5,01

Tabela 61. Probabilidade de fatalidades por incêndio (Poça), com origem no Navio aportado no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.

Probabilidade de Fatalidades em Área Vulnerável a Radiação Térmica	
Hipótese Acidental	Incêndio
Tipo	Poça
Origem da Radiação Térmica	Navio
Local de Recepção da Radiação Térmica	Cais Flutuante/Pontes
Tipo de Material Combustível	Diesel
Volume da Fonte de Ignição (m ³)	20
Velocidade de deslocamento da radiação (m/s)	8,8
Distância (m)	32
Intensidade da Radiação (Q = kW/m ²)	35
Probit Calculado	2,78



Figura 7. Efeito da radiação térmica decorrente de incêndio em poça com origem em Navio Aportado no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) Manaus3, AM



Origem do Incêndio = Cais Flutuante

Características do incêndio

Volume = 20 m³ de óleo diesel.

Diâmetro da Poça = 14,31m

Tempo de reação = 9,14 segundos

Probabilidade de Fatalidades

Tabela 62. Probit e Probabilidade de fatalidades por incêndio (Poça), em função da distância, com origem no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.

Tempo de Exposição (segundos)	Probit Calculado	Distância da Origem da Radiação (m)	Radiação Térmica (kW/m²)	Fatalidade (%)
Imediata	> a 7,33	23	54,88	100
20	5,01	27,3	43,5	50
20	2,78	32	35	1

Tabela 63. Probabilidade de fatalidades por incêndio (Poça), com origem no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.

Probabilidade de Fatalidades em Área Vulnerável a Radiação Térmica	
Hipótese Acidental	Incêndio
Tipo	Poça
Origem da Radiação Térmica	Cais Flutuante (Área de Operações)
Local de Recepção da Radiação Térmica	Navio
Tipo de Material Combustível	Diesel
Volume da Fonte de Ignição (m³)	20
Velocidade de deslocamento da radiação (m/s)	8,8
Distância (m)	23
Intensidade da Radiação (Q = kW/m²)	54,88
Probit Calculado	> 7,33



Tabela 64. Probabilidade de fatalidades por incêndio (Poça), com origem no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.

Probabilidade de Fatalidades em Área Vulnerável a Radiação Térmica	
Hipótese Acidental	Incêndio
Tipo	Poça
Origem da Radiação Térmica	Cais Flutuante (Área de Operação)
Local de Recepção da Radiação Térmica	Pontes
Tipo de Material Combustível	Diesel
Volume da Fonte de Ignição (m ³)	20
Velocidade de deslocamento da radiação (m/s)	8,8
Distância (m)	27,3
Intensidade da Radiação (Q = kW/m ²)	43,5
Probit Calculado	5,01

Tabela 65. Probabilidade de fatalidades por incêndio (Poça), com origem no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.

Probabilidade de Fatalidades em Área Vulnerável a Radiação Térmica	
Hipótese Acidental	Incêndio
Tipo	Poça
Origem da Radiação Térmica	Cais Flutuante (Área de Operação)
Local de Recepção da Radiação Térmica	Pátio
Tipo de Material Combustível	Diesel
Volume da Fonte de Ignição (m ³)	20
Velocidade de deslocamento da radiação (m/s)	8,8
Distância (m)	32
Intensidade da Radiação (Q = kW/m ²)	35
Probit Calculado	2,78



Figura 8. Efeito da radiação térmica decorrente de incêndio em poça com origem no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) Manaus, AM.



Origem do Incêndio = Pátio de Contêineres

Características do incêndio

Volume = 20 m³ de óleo diesel.

Diâmetro da Poça = 14,31m

Tempo de reação = 9,14 segundos

Probabilidade de Fatalidades

Tabela 66. Probit e Probabilidade de fatalidades por incêndio (Poça), em função da distância, com origem no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.

Tempo de Exposição (segundos)	Probit Calculado	Distância da Origem da Radiação (m)	Radiação Térmica (kW/m²)	Fatalidade (%)
Imediata	> a 7,33	23	54,88	100
20	5,01	27,3	43,5	50
20	2,78	32	35	1

820

Tabela 67. Probabilidade de fatalidades por incêndio (Poça), com origem no Pátio de Contêineres do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.

Probabilidade de Fatalidades em Área Vulnerável a Radiação Térmica	
Hipótese Acidental	Incêndio
Tipo	Poça
Origem da Radiação Térmica	Pátio de Contêineres
Local de Recepção da Radiação Térmica	Pátio de Contêineres
Tipo de Material Combustível	Diesel
Volume da Fonte de Ignição (m³)	20
Velocidade de deslocamento da radiação (m/s)	8,8
Distância (m)	23
Intensidade da Radiação (Q = kW/m²)	54,88
Probit Calculado	> 7,33



Tabela 68. Probabilidade de fatalidades por incêndio (Poça), com origem no Pátio de Contêineres do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.

Probabilidade de Fatalidades em Área Vulnerável a Radiação Térmica	
Hipótese Acidental	Incêndio
Tipo	Poça
Origem da Radiação Térmica	Pátio de Contêineres
Local de Recepção da Radiação Térmica	Pontes/Portaria/Refeitório/Prédios Administrativos/Galpões/Área de Manutenção de Empilhadeiras
Tipo de Material Combustível	Diesel
Volume da Fonte de Ignição (m ³)	20
Velocidade de deslocamento da radiação (m/s)	8,8
Distância (m)	27,3
Intensidade da Radiação (Q = kW/m ²)	43,5
Probit Calculado	5,01

Tabela 69. Probabilidade de fatalidades por incêndio (Poça), com origem no Pátio de Contêineres do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.

Probabilidade de Fatalidades em Área Vulnerável a Radiação Térmica	
Hipótese Acidental	Incêndio
Tipo	Poça
Origem da Radiação Térmica	Pátio de Contêineres
Local de Recepção da Radiação Térmica	Pontes/Portaria/Refeitório/Prédios Administrativos/Galpões/Área de Manutenção de Empilhadeiras
Tipo de Material Combustível	Diesel
Volume da Fonte de Ignição (m ³)	20
Velocidade de deslocamento da radiação (m/s)	8,8
Distância (m)	32
Intensidade da Radiação (Q = kW/m ²)	35
Probit Calculado	2,78

821



Figura 9. Efeito da radiação térmica decorrente de incêndio em poça com origem no Pátio de Containers do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) Manaus, AM.



Origem do Incêndio = Área de Manutenção de Empilhadeiras

Características do incêndio

Volume = 20 m³ de óleo diesel.

Diâmetro da Poça = 14,31m

Tempo de reação = 9,14 segundos

Probabilidade de Fatalidades

Tabela 70. Probit e Probabilidade de fatalidades por incêndio (Poça), em função da distância, com na Área de Manutenção de Empilhadeiras do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.

Tempo de Exposição (segundos)	Probit Calculado	Distância da Origem da Radiação (m)	Radiação Térmica (kW/m²)	Fatalidade (%)
Imediata	> a 7,33	23	54,88	100
20	5,01	27,3	43,5	50
20	2,78	32	35	1

823

Tabela 71. Probabilidade de fatalidades por incêndio (Poça), com origem na Área de Manutenção de Empilhadeiras do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.

Probabilidade de Fatalidades em Área Vulnerável a Radiação Térmica	
Hipótese Acidental	Incêndio
Tipo	Poça
Origem da Radiação Térmica	Área de Manutenção de Empilhadeiras
Local de Recepção da Radiação Térmica	Pátio de Contêineres
Tipo de Material Combustível	Diesel
Volume da Fonte de Ignição (m³)	20
Velocidade de deslocamento da radiação (m/s)	8,8
Distância (m)	23
Intensidade da Radiação (Q = kW/m²)	54,88
Probit Calculado	> 7,33



Tabela 72. Probabilidade de fatalidades por incêndio (Poça), com origem na Área de Manutenção de Empilhadeiras do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.

Probabilidade de Fatalidades em Área Vulnerável a Radiação Térmica	
Hipótese Acidental	Incêndio
Tipo	Poça
Origem da Radiação Térmica	Área de Manutenção de Empilhadeiras
Local de Recepção da Radiação Térmica	Galpões de Cargas/Prédios Administrativos/Refeitório
Tipo de Material Combustível	Diesel
Volume da Fonte de Ignição (m ³)	20
Velocidade de deslocamento da radiação (m/s)	8,8
Distância (m)	27,3
Intensidade da Radiação (Q = kW/m ²)	43,5
Probit Calculado	5,01

Tabela 73. Probabilidade de fatalidades por incêndio (Poça), com origem na Área de Manutenção de Empilhadeiras do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.

Probabilidade de Fatalidades em Área Vulnerável a Radiação Térmica	
Hipótese Acidental	Incêndio
Tipo	Poça
Origem da Radiação Térmica	Área de Manutenção de Empilhadeiras
Local de Recepção da Radiação Térmica	Galpões de Cargas/Prédios Administrativos/Refeitório
Tipo de Material Combustível	Diesel
Volume da Fonte de Ignição (m ³)	20
Velocidade de deslocamento da radiação (m/s)	8,8
Distância (m)	32
Intensidade da Radiação (Q = kW/m ²)	35
Probit Calculado	2,78



Figura 10. Efeito da radiação térmica decorrente de incêndio em poça com origem na Área de Manutenção de Empilhadeiras do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) Manaus, AM.



4.3.3 Probabilidade de Fatalidades em Área Vulnerável a Explosões

4.3.3.1 Probabilidade de Fatalidades em Área Vulnerável a Explosão de Nuvem não Confinada

Características da Onda de Sobrepressão

Mequivalente (TNT) = 453,9 Mtnt

Calor de Combustão = 47.300 kJ/kg

Volume = 20 m3 de Gasolina

Efeito da sobrepressão sobre as pessoas “outdoor”

Tabela 74. Perfil das ondas de sobrepressão sobre as pessoas (outdoor) na Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), município de Manaus, AM.

Distância (m)	Pressão (bar)	Probit	Fatalidades (%)
13	2,04	7,38	100
14	1,86	6,74	96
15	1,71	6,16	88
16	1,58	5,62	74
17	1,46	5,07	53
18	1,36	4,58	34
19	1,28	4,16	20
20	1,20	3,71	10
21	1,13	3,3	5
22	1,07	2,92	1
23	1,01	2,52	0



4.3.3.1.1 Origem da onda de sobrepressão: Navio

Características da Onda de Sobrepressão

Mequivalente (TNT) = 453,9 Mtnt

Calor de Combustão = 47.300 kJ/kg

Volume = 20 m3 de Gasolina.

Tabela 75. Probit e Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada, em função da distância, originada em Navio aportado no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.

Distância da Origem da Onda de Sobrepressão (m)	Intensidade de Onda de Sobrepressão (bar)	Probit Calculado	Fatalidade (%)
13	2,04	> a 7,33	100
17	1,46	5,07	53
22	1,07	2,92	1

Tabela 76. Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada em Navio aportado no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.

Probabilidade de Fatalidades a Sobrepressões Decorrentes de Explosão	
Hipótese Acidental	Explosão
Tipo	Onda de Sobrepressão
Origem da Onda de Sobrepressão	Navio
Local de Recepção da Onda de Sobrepressão	Cais Flutuante (Área de Operações)
Tipo de Material Combustível	Gasolina
Volume do Combustível (m3)	20
Massa do Produto (10%) - kg	1.500
Mequivalente (TNT)	453,9
Velocidade de deslocamento da onda (m/s)	8,8
Distância (m)	13
Sobrepressão da Onda de Choque (bar)	2,04
Probit Calculado	> 7,33



Tabela 77. Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada em Navio aportado no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.

Probabilidade de Fatalidades a Sobrepressões Decorrentes de Explosão	
Hipótese Acidental	Explosão
Tipo	Onda de Sobrepressão
Origem da Onda de Sobrepressão	Navio
Local de Recepção da Onda de Sobrepressão	Cais Flutuante (Área de Operações)
Tipo de Material Combustível	Gasolina
Volume do Combustível (m3)	20
Massa do Produto (10%) - kg	1.500
Mequivalente (TNT)	453,9
Velocidade de deslocamento da onda (m/s)	8,8
Distância (m)	17
Sobrepressão da Onda de Choque (bar)	1,46
Probit Calculado	5,07

Tabela 78. Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada em Navio aportado no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.

828

Probabilidade de Fatalidades a Sobrepressões Decorrentes de Explosão	
Hipótese Acidental	Explosão
Tipo	Onda de Sobrepressão
Origem da Onda de Sobrepressão	Navio
Local de Recepção da Onda de Sobrepressão	Cais Flutuante (Área de Operações)/Pontes
Tipo de Material Combustível	Gasolina
Volume do Combustível (m3)	20
Massa do Produto (10%) - kg	1.500
Mequivalente (TNT)	453,9
Velocidade de deslocamento da onda (m/s)	8,8
Distância (m)	22
Sobrepressão da Onda de Choque (bar)	1,07
Probit Calculado	2,92



4.3.3.1.2 Origem da onda de sobrepressão: Cais Flutuante

Características da Onda de Sobrepressão

Mequivalente (TNT) = 453,9 Mtnt

Calor de Combustão = 47.300 kJ/kg

Volume = 20 m3 de Gasolina.

Tabela 79. Probit e Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada, em função da distância, originada no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.

Distância da Origem da Onda de Sobrepressão (m)	Intensidade de Onda de Sobrepressão (bar)	Probit Calculado	Fatalidade (%)
13	2,04	> a 7,33	100
17	1,46	5,07	53
22	1,07	2,92	1

Tabela 80. Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.

Probabilidade de Fatalidades a Sobrepressões Decorrentes de Explosão	
Hipótese Acidental	Explosão
Tipo	Onda de Sobrepressão
Origem da Onda de Sobrepressão	Cais Flutuante (Área de Operações)
Local de Recepção da Onda de Sobrepressão	Navio
Tipo de Material Combustível	Gasolina
Volume do Combustível (m3)	20
Massa do Produto (10%) - kg	1.500
Mequivalente (TNT)	453,9
Velocidade de deslocamento da onda (m/s)	8,8
Distância (m)	13
Sobrepressão da Onda de Choque	2,04
Probit Calculado	> 7,33



Tabela 81. Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.

Probabilidade de Fatalidades a Sobrepressões Decorrentes de Explosão	
Hipótese Acidental	Explosão
Tipo	Onda de Sobrepressão
Origem da Onda de Sobrepressão	Cais Flutuante
Local de Recepção da Onda de Sobrepressão	Cais Flutuante (Área de Operações)
Tipo de Material Combustível	Gasolina
Volume do Combustível (m3)	20
Massa do Produto (10%) - kg	1.500
Mequivalente (TNT)	453,9
Velocidade de deslocamento da onda (m/s)	8,8
Distância (m)	17
Sobrepressão da Onda de Choque	1,46
Probit Calculado	5,07

Tabela 82. Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.

831

Probabilidade de Fatalidades a Sobrepressões Decorrentes de Explosão	
Hipótese Acidental	Explosão
Tipo	Onda de Sobrepressão
Origem da Onda de Sobrepressão	Cais Flutuante
Local de Recepção da Onda de Sobrepressão	Cais Flutuante (Área de Operações)/Pontes
Tipo de Material Combustível	Gasolina
Volume do Combustível (m3)	20
Massa do Produto (10%) - kg	1.500
Mequivalente (TNT)	453,9
Velocidade de deslocamento da onda (m/s)	8,8
Distância (m)	22
Sobrepressão da Onda de Choque	1,07
Probit Calculado	2,92



Figura 12. Efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) Manaus, AM.



4.3.3.1.3 Origem da onda de sobrepressão: Pátio de Contêineres

Características da Onda de Sobrepressão

Mequivalente (TNT) = 453,9 Mtnt

Calor de Combustão = 47.300 kJ/kg

Volume = 20 m³ de Gasolina.

Tabela 83. Probit e Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada, em função da distância, originada no Pátio de Contêineres do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.

Distância da Origem da Onda de Sobrepressão (m)	Intensidade de Onda de Sobrepressão (bar)	Probit Calculado	Fatalidade (%)
13	2,04	> a 7,33	100
17	1,46	5,07	53
22	1,07	2,92	1

Tabela 84. Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada no Pátio de Contêineres do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.

Probabilidade de Fatalidades a Sobrepressões Decorrentes de Explosão	
Hipótese Acidental	Explosão
Tipo	Onda de Sobrepressão
Origem da Onda de Sobrepressão	Pátio de Contêineres
Local de Recepção da Onda de Sobrepressão	Pátio de Contêineres
Tipo de Material Combustível	Gasolina
Volume do Combustível (m ³)	20
Massa do Produto (10%) - kg	1.500
Mequivalente (TNT)	453,9
Velocidade de deslocamento da onda (m/s)	8,8
Distância (m)	13
Sobrepressão da Onda de Choque	2,04
Probit Calculado	> 7,33



Tabela 85. Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada no Pátio de Contêineres do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.

Probabilidade de Fatalidades a Sobrepressões Decorrentes de Explosão	
Hipótese Acidental	Explosão
Tipo	Onda de Sobrepressão
Origem da Onda de Sobrepressão	Pátio de Contêineres
Local de Recepção da Onda de Sobrepressão	Refeitório/Galpões/Prédios Administrativos
Tipo de Material Combustível	Gasolina
Volume do Combustível (m3)	20
Massa do Produto (10%) - kg	1.500
Mequivalente (TNT)	453,9
Velocidade de deslocamento da onda (m/s)	8,8
Distância (m)	17
Sobrepressão da Onda de Choque	1,46
Probit Calculado	5,07

Tabela 86. Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada no Pátio de Contêineres do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.

Probabilidade de Fatalidades a Sobrepressões Decorrentes de Explosão	
Hipótese Acidental	Explosão
Tipo	Onda de Sobrepressão
Origem da Onda de Sobrepressão	Pátio de Contêineres
Local de Recepção da Onda de Sobrepressão	Portaria/Trapiche
Tipo de Material Combustível	Gasolina
Volume do Combustível (m3)	20
Massa do Produto (10%) - kg	1.500
Mequivalente (TNT)	453,9
Velocidade de deslocamento da onda (m/s)	8,8
Distância (m)	22
Sobrepressão da Onda de Choque	1,07
Probit Calculado	2,92



4.3.3.1.4 Origem da onda de sobrepressão: Área de Manutenção de Empilhadeiras

Características da Onda de Sobrepressão

Mequivalente (TNT) = 453,9 Mtnt

Calor de Combustão = 47.300 kJ/kg

Volume = 20 m³ de Gasolina.

Tabela 87. Probit e Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada, em função da distância, originada Área de Manutenção de Empilhadeiras do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.

Distância da Origem da Onda de Sobrepressão (m)	Intensidade de Onda de Sobrepressão (bar)	Probit Calculado	Fatalidade (%)
13	2,04	> a 7,33	100
17	1,46	5,07	53
22	1,07	2,92	1

Tabela 88. Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada na Área de Manutenção de Empilhadeiras do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.

Probabilidade de Fatalidades a Sobrepressões Decorrentes de Explosão	
Hipótese Acidental	Explosão
Tipo	Onda de Sobrepressão
Origem da Onda de Sobrepressão	Pátio de Contêineres
Local de Recepção da Onda de Sobrepressão	Pátio de Contêineres
Tipo de Material Combustível	Gasolina
Volume do Combustível (m ³)	20
Massa do Produto (10%) - kg	1.500
Mequivalente (TNT)	453,9
Velocidade de deslocamento da onda (m/s)	8,8
Distância (m)	13
Sobrepressão da Onda de Choque	2,04
Probit Calculado	> 7,33



Tabela 89. Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada na Área de Manutenção de Empilhadeiras do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.

Probabilidade de Fatalidades a Sobrepressões Decorrentes de Explosão	
Hipótese Acidental	Explosão
Tipo	Onda de Sobrepressão
Origem da Onda de Sobrepressão	Pátio de Contêineres
Local de Recepção da Onda de Sobrepressão	Refeitório/Galpões/Prédios Administrativos
Tipo de Material Combustível	Gasolina
Volume do Combustível (m3)	20
Massa do Produto (10%) - kg	1.500
Mequivalente (TNT)	453,9
Velocidade de deslocamento da onda (m/s)	8,8
Distância (m)	17
Sobrepressão da Onda de Choque	1,46
Probit Calculado	5,07

Tabela 90. Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada na Área de Manutenção de Empilhadeiras do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.

Probabilidade de Fatalidades a Sobrepressões Decorrentes de Explosão	
Hipótese Acidental	Explosão
Tipo	Onda de Sobrepressão
Origem da Onda de Sobrepressão	Pátio de Contêineres
Local de Recepção da Onda de Sobrepressão	Portaria/Trapiche
Tipo de Material Combustível	Gasolina
Volume do Combustível (m3)	20
Massa do Produto (10%) - kg	1.500
Mequivalente (TNT)	453,9
Velocidade de deslocamento da onda (m/s)	8,8
Distância (m)	22
Sobrepressão da Onda de Choque	1,07
Probit Calculado	2,92



Figura 14. Efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada na Área de Manutenção de Empilhadeiras do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) Manaus, AM.



4.3.3.2 Efeito da sobrepressão sobre as estruturas (pessoas “indoor”)

Características da Onda de Sobrepressão

Mequivalente (TNT) = 453,9 Mtnt

Calor de Combustão = 47.300 kJ/kg

Volume = 20 m3 de Gasolina.

Tabela 91. Comparações de probabilidade de fatalidades por efeito de ondas de sobrepressão nas instalações do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.

Distância (m)	Pressão (bar)	Probit	Fatalidades (%)
49	0,40	7,14	99
54	0,35	6,75	96
62	0,30	6,30	90
72	0,25	5,77	78
87	0,20	5,12	55
111	0,15	4,28	24
156	0,10	3,09	3
171	0,09	2,79	1
189	0,08	2,44	0



4.3.3.2.1 Origem da onda de sobrepressão: Navio

Características da Onda de Sobrepressão

Mequivalente (TNT) = 453,9 Mtnt

Calor de Combustão = 47.300 kJ/kg

Volume = 20 m³ de Gasolina.

Tabela 92. Probit e Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada, em função da distância, originada em Navio Aportado no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.

Distância da Origem da Onda de Sobrepressão (m)	Intensidade de Onda de Sobrepressão (bar)	Probit Calculado	Fatalidade (%)
49	0,4	7,14	99
87	0,2	5,12	55
171	0,09	2,79	1

Tabela 93. Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada em Navio Aportado no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.

Probabilidade de Fatalidades em Área Vulnerável a Radiação Térmica	
Hipótese Acidental	Explosão
Tipo	Onda de Sobrepressão
Origem da Onda de Sobrepressão	Navio
Local de Recepção da Onda de Sobrepressão	Cais Flutuante (Área de Operações)
Tipo de Material Combustível	Gasolina
Volume do Combustível (m ³)	20
Massa do Produto (10%) - kg	1.500
Mequivalente (TNT)	453,9
Velocidade de deslocamento da onda (m/s)	8,8
Distância (m)	49
Sobrepressão da Onda de Choque (bar)	0,4
Probit Calculado	7,14



Tabela 94. Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada em Navio Aportado no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.

Probabilidade de Fatalidades em Área Vulnerável a Radiação Térmica	
Hipótese Acidental	Explosão
Tipo	Onda de Sobrepressão
Origem da Onda de Sobrepressão	Navio
Local de Recepção da Onda de Sobrepressão	Cais Flutuante (Área de Operações)
Tipo de Material Combustível	Gasolina
Volume do Combustível (m3)	20
Massa do Produto (10%) - kg	1.500
Mequivalente (TNT)	453,9
Velocidade de deslocamento da onda (m/s)	8,8
Distância (m)	87
Sobrepressão da Onda de Choque (bar)	0,2
Probit Calculado	5,12

Tabela 95. Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada em Navio Aportado no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.

841

Probabilidade de Fatalidades em Área Vulnerável a Radiação Térmica	
Hipótese Acidental	Explosão
Tipo	Onda de Sobrepressão
Origem da Onda de Sobrepressão	Navio
Local de Recepção da Onda de Sobrepressão	Cais Flutuante (Área de Operações)
Tipo de Material Combustível	Gasolina
Volume do Combustível (m3)	20
Massa do Produto (10%) - kg	1.500
Mequivalente (TNT)	453,9
Velocidade de deslocamento da onda (m/s)	8,8
Distância (m)	171
Sobrepressão da Onda de Choque (bar)	0,09
Probit Calculado	2,79

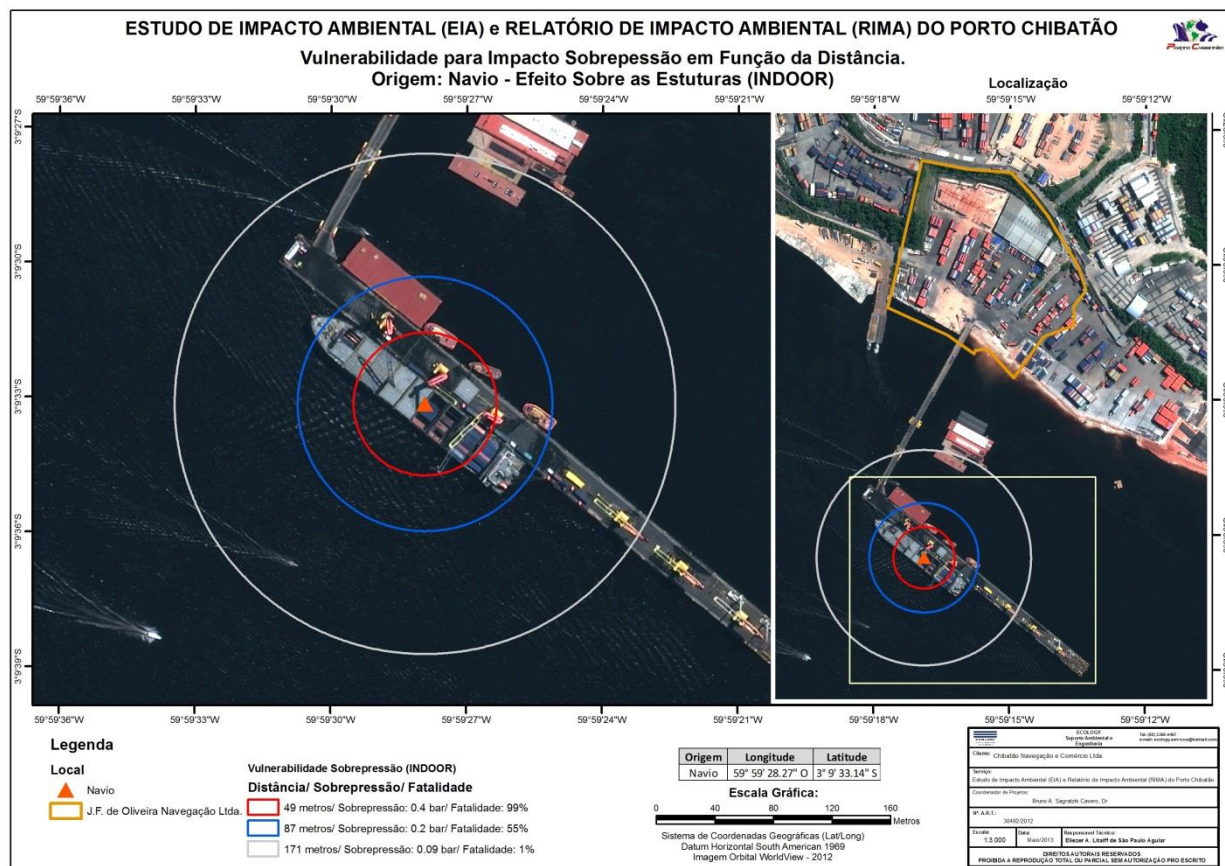


Figura 15. Efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada em Navio Aportado no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) Manaus, AM.



4.3.3.2.2 Origem da onda de sobrepressão: Cais Flutuante

Características da Onda de Sobrepressão

Mequivalente (TNT) = 453,9 Mtnt

Calor de Combustão = 47.300 kJ/kg

Volume = 20 m3 de Gasolina.

Tabela 96. Probit e Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada, em função da distância, originada no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.

Distância da Origem da Onda de Sobrepressão (m)	Intensidade de Onda de Sobrepressão (bar)	Probit Calculado	Fatalidade (%)
49	0,4	7,14	99
87	0,2	5,12	55
171	0,09	2,79	1

Tabela 97. Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.

Probabilidade de Fatalidades em Área Vulnerável a Radiação Térmica	
Hipótese Acidental	Explosão
Tipo	Onda de Sobrepressão
Origem da Onda de Sobrepressão	Cais Flutuante (Área de Operações)
Local de Recepção da Onda de Sobrepressão	Navio
Tipo de Material Combustível	Gasolina
Volume do Combustível (m3)	20
Massa do Produto (10%) - kg	1.500
Mequivalente (TNT)	453,9
Velocidade de deslocamento da onda (m/s)	8,8
Distância (m)	49
Sobrepressão da Onda de Choque	0,4
Probit Calculado	7,14



Tabela 98. Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.

Probabilidade de Fatalidades em Área Vulnerável a Radiação Térmica	
Hipótese Acidental	Explosão
Tipo	Onda de Sobrepressão
Origem da Onda de Sobrepressão	Cais Flutuante
Local de Recepção da Onda de Sobrepressão	Cais Flutuante (Área de Operações)
Tipo de Material Combustível	Gasolina
Volume do Combustível (m3)	20
Massa do Produto (10%) - kg	1.500
Mequivalente (TNT)	453,9
Velocidade de deslocamento da onda (m/s)	8,8
Distância (m)	87
Sobrepressão da Onda de Choque	0,2
Probit Calculado	5,12

Tabela 99. Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.

Probabilidade de Fatalidades em Área Vulnerável a Radiação Térmica	
Hipótese Acidental	Explosão
Tipo	Onda de Sobrepressão
Origem da Onda de Sobrepressão	Cais Flutuante
Local de Recepção da Onda de Sobrepressão	Cais Flutuante (Área de Operações)/Pontes
Tipo de Material Combustível	Gasolina
Volume do Combustível (m3)	20
Massa do Produto (10%) - kg	1.500
Mequivalente (TNT)	453,9
Velocidade de deslocamento da onda (m/s)	8,8
Distância (m)	171
Sobrepressão da Onda de Choque	0,09
Probit Calculado	2,79

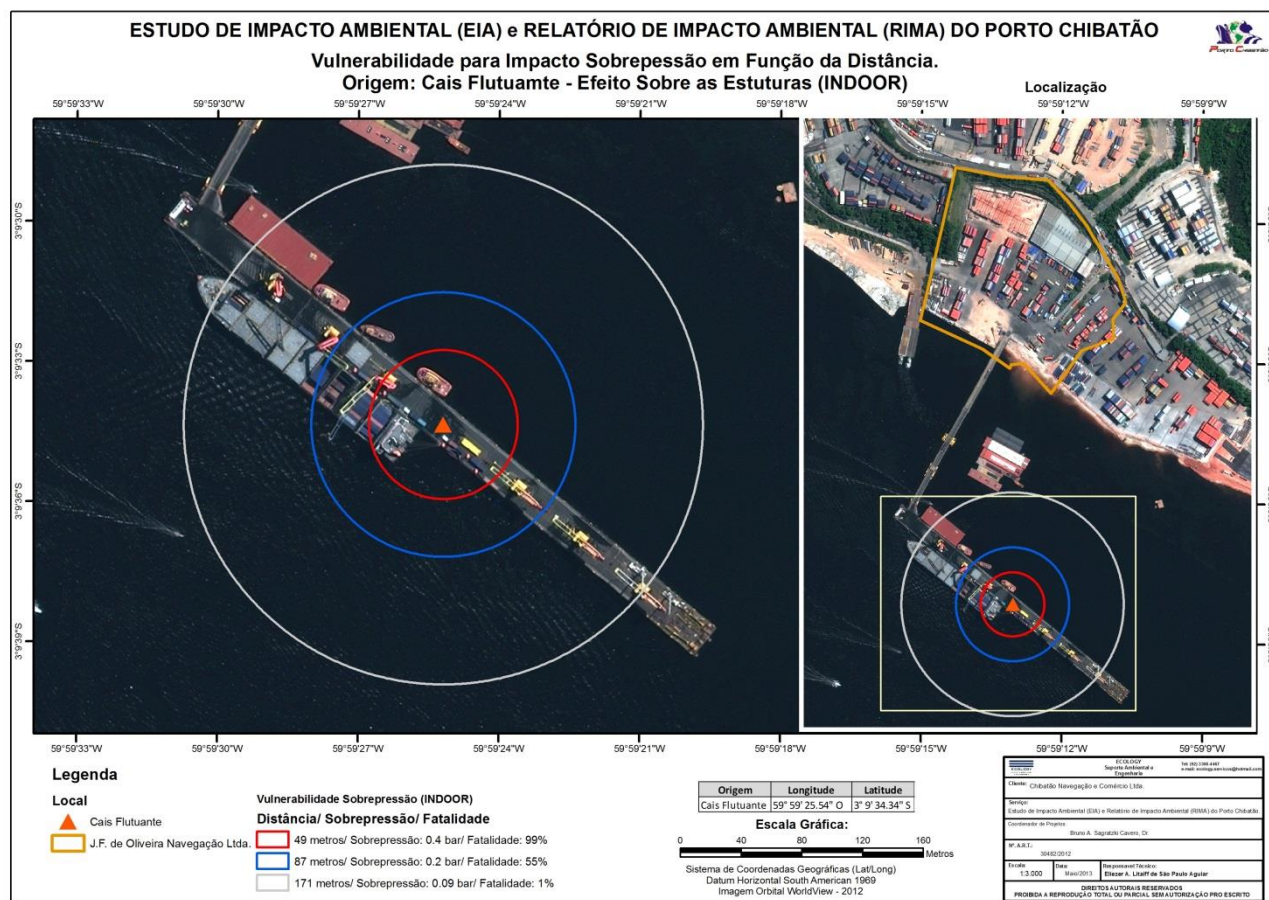


Figura 16. Efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada no Cais Flutuante do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) Manaus, AM.



4.3.3.2.3 Origem da onda de sobrepressão: Pátio de Contêineres

Características da Onda de Sobrepressão

Mequivalente (TNT) = 453,9 Mtnt

Calor de Combustão = 47.300 kJ/kg

Volume = 20 m³ de Gasolina.

Tabela 100. Probit e Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada, em função da distância, originada no Pátio de Contêineres do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.

Distância da Origem da Onda de Sobrepressão (m)	Intensidade de Onda de Sobrepressão (bar)	Probit Calculado	Fatalidade (%)
49	0,4	7,14	99
87	0,2	5,12	55
171	0,09	2,79	1

Tabela 101. Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada no Pátio de Contêineres do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.

Probabilidade de Fatalidades em Área Vulnerável a Radiação Térmica	
Hipótese Acidental	Explosão
Tipo	Onda de Sobrepressão
Origem da Onda de Sobrepressão	Pátio de Contêineres
Local de Recepção da Onda de Sobrepressão	Pátio de Contêineres
Tipo de Material Combustível	Gasolina
Volume do Combustível (m ³)	20
Massa do Produto (10%) - kg	1.500
Mequivalente (TNT)	453,9
Velocidade de deslocamento da onda (m/s)	8,8
Distância (m)	49
Sobrepressão da Onda de Choque	0,4
Probit Calculado	7,14



Tabela 102. Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada no Pátio de Contêineres do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.

Probabilidade de Fatalidades em Área Vulnerável a Radiação Térmica	
Hipótese Acidental	Explosão
Tipo	Onda de Sobrepressão
Origem da Onda de Sobrepressão	Pátio de Contêineres
Local de Recepção da Onda de Sobrepressão	Refeitório/Galpões/Prédios Administrativos
Tipo de Material Combustível	Gasolina
Volume do Combustível (m3)	20
Massa do Produto (10%) - kg	1.500
Mequivalente (TNT)	453,9
Velocidade de deslocamento da onda (m/s)	8,8
Distância (m)	87
Sobrepressão da Onda de Choque	0,2
Probit Calculado	5,12

Tabela 103. Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada no Pátio de Contêineres do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.

Probabilidade de Fatalidades em Área Vulnerável a Radiação Térmica	
Hipótese Acidental	Explosão
Tipo	Onda de Sobrepressão
Origem da Onda de Sobrepressão	Pátio de Contêineres
Local de Recepção da Onda de Sobrepressão	Portaria/Trapiche
Tipo de Material Combustível	Gasolina
Volume do Combustível (m3)	20
Massa do Produto (10%) - kg	1.500
Mequivalente (TNT)	453,9
Velocidade de deslocamento da onda (m/s)	8,8
Distância (m)	171
Sobrepressão da Onda de Choque	0,09
Probit Calculado	2,79

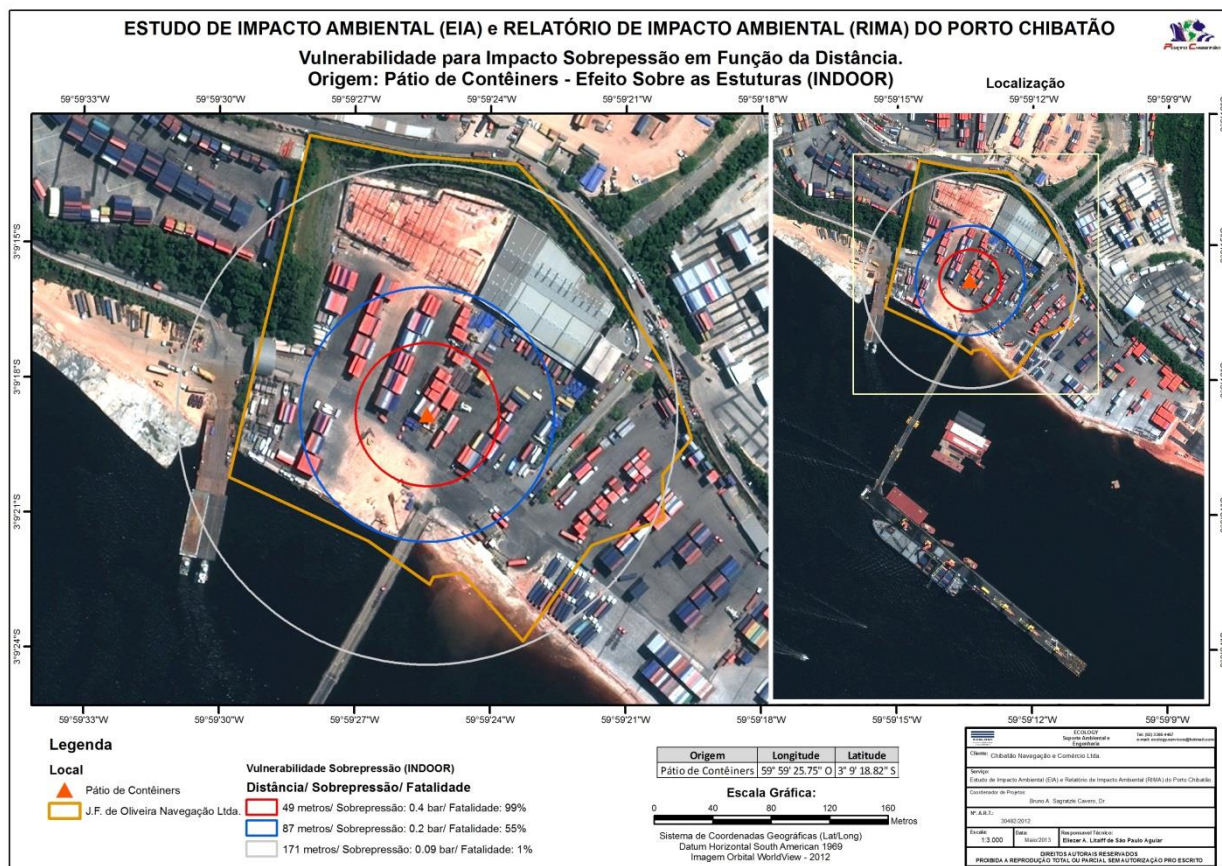


Figura 17. . Efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada no Pátio de Contêineres do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.)
Manaus, AM.



4.3.3.2.4 Origem da onda de sobrepressão: Área de Manutenção de Empilhadeiras

Características da Onda de Sobrepressão

Mequivalente (TNT) = 453,9 Mtnt

Calor de Combustão = 47.300 kJ/kg

Volume = 20 m³ de Gasolina.

Tabela 104. Probit e Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada, em função da distância, originada na Área de Manutenção de Empilhadeiras do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.

Distância da Origem da Onda de Sobrepressão (m)	Intensidade de Onda de Sobrepressão (bar)	Probit Calculado	Fatalidade (%)
49	0,4	7,14	99
87	0,2	5,12	55
171	0,09	2,79	1

Tabela 105. Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada no na Área de Manutenção de Empilhadeiras do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.

Probabilidade de Fatalidades em Área Vulnerável a Radiação Térmica	
Hipótese Acidental	Explosão
Tipo	Onda de Sobrepressão
Origem da Onda de Sobrepressão	Área de Manutenção de Empilhadeiras
Local de Recepção da Onda de Sobrepressão	Refeitório/Galpão de Cargas
Tipo de Material Combustível	Gasolina
Volume do Combustível (m ³)	20
Massa do Produto (10%) - kg	1.500
Mequivalente (TNT)	453,9
Velocidade de deslocamento da onda (m/s)	8,8
Distância (m)	49
Sobrepressão da Onda de Choque	0,4
Probit Calculado	7,14



Tabela 106. Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada no na Área de Manutenção de Empilhadeiras do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.

Probabilidade de Fatalidades em Área Vulnerável a Radiação Térmica	
Hipótese Acidental	Explosão
Tipo	Onda de Sobrepressão
Origem da Onda de Sobrepressão	Área de Manutenção de Empilhadeiras
Local de Recepção da Onda de Sobrepressão	Pátio de Contêineres/Galpões/Prédios Administrativos
Tipo de Material Combustível	Gasolina
Volume do Combustível (m3)	20
Massa do Produto (10%) - kg	1.500
Mequivalente (TNT)	453,9
Velocidade de deslocamento da onda (m/s)	8,8
Distância (m)	87
Sobrepressão da Onda de Choque	0,2
Probit Calculado	5,12

Tabela 107. Probabilidade de fatalidades por efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada no na Área de Manutenção de Empilhadeiras do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) município de Manaus, AM.

Probabilidade de Fatalidades em Área Vulnerável a Radiação Térmica	
Hipótese Acidental	Explosão
Tipo	Onda de Sobrepressão
Origem da Onda de Sobrepressão	Área de Manutenção de Empilhadeiras
Local de Recepção da Onda de Sobrepressão	Portaria/Rampa
Tipo de Material Combustível	Gasolina
Volume do Combustível (m3)	20
Massa do Produto (10%) - kg	1.500
Mequivalente (TNT)	453,9
Velocidade de deslocamento da onda (m/s)	8,8
Distância (m)	171
Sobrepressão da Onda de Choque	0,09
Probit Calculado	2,79

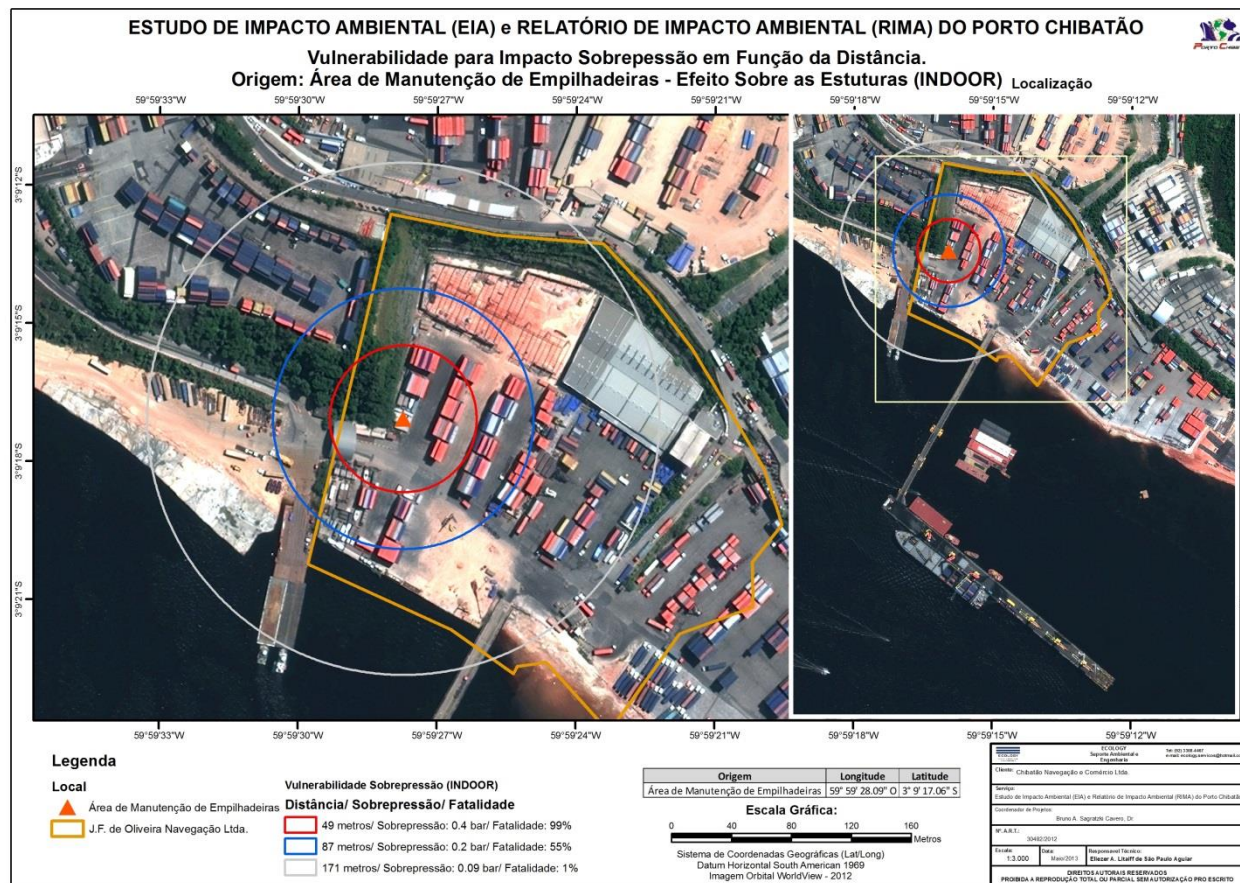


Figura 18. Efeito de sobrepressão decorrente de explosão de nuvem não confinada originada na Área de Manutenção de Empilhadeiras do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) Manaus, AM.

4.3.4 Probabilidade de Fatalidades em Área Vulnerável a Movimentos de Massa

O Risco Ambiental para a ocorrência de Movimentos de Massa foi abordado ao longo do diagnóstico da área do empreendimento. A classificação foi realizada de acordo com as classes abaixo (Tabelas 108 e 109):

Tabela 108. Categorias dos riscos geológico-geotécnicos e pontuação por classes.

Categoria do Risco Geológico-Geotécnico	Pontuação
Desprezível	0-15
Baixo	16-25
Moderado	26-35
Severo	36-42
Crítico	41-48

Tabela 109. Classificação dos riscos para a elaboração da carta de risco geológico-geotécnico.

RISCO			
COR	DENOMINAÇÃO	SGL	Nº
	Risco Desprezível	(RC)	1
	Risco Baixo	(RS)	2
	Risco Moderado	(RM)	3
	Risco Severo	(RB)	4
	Risco Crítico	(RD)	5

852

O risco ambiental para movimentos de massa no empreendimento do Porto Chibatão foi considerado como moderado (Tabela 110 e 111), de acordo com as variáveis analisadas no item diagnóstico (Geologia-Geotecnia).



Para o cálculo de probabilidade foi adotada a técnica de distribuição de pessoas com potencial de presença na área do empreendimento sujeita a movimentos de massa. Desde esposto de vista foi possível definir duas faixas de probabilidades:

1. Pessoas presentes na área com potencial de movimento de massa = 100% de probabilidade de morte;
2. Pessoas não-presentes na área com potencial de movimento de massa = 0% de probabilidade de morte;

Não foi possível estabelecer uma relação de PROBIT para os riscos decorrentes de eventos geotécnicos, uma vez que não existe essa associação na literatura convencional.

Com relação à ocorrência este evento possui a frequência de 1,90E-08/ano como evento provável sem risco de morte.

A ocorrência com risco de morte pode ser deduzida a partir da seguinte avaliação:

Tabela 110. Risco Geotécnico Individual e Frequência do Evento (Probabilidade de Ocorrência) de Movimento de Massa na ADA do porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) Manaus, AM.

853

Risco Geotécnico (Individual)	Moderado
Evento	Movimento de Massa
Frequência do EI 01/B	1,06272E-06
Número de Funcionários lotados no local	185
Área do Pátio (m2) sujeita a Risco Geotécnico	10.371,75

Exposição de Funcionários/Área	1,78E-02
Número de Pessoas Expostas	1
Probabilidade de Pessoas Expostas/m2 (fração)	1,78E-02
Probabilidade de Morte	100%
Exposição de Funcionários/ano (365 dias)	1,78E-02

Frequência do Evento (Frequência do EI 01/B * Exposição de Funcionários/ano)	1,90E-08
---	----------



Tabela 111. Risco Geotécnico Social e Frequência do Evento (Probabilidade de Ocorrência) de Movimento de Massa na ADA do porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) Manaus, AM.

Risco Geotécnico (Social)	Moderado
Evento	Movimento de Massa
Frequência do EI 01/B	1,06272E-06
Exposição de Pessoas (Funcionários do Setor de Risco)	185
Área do Pátio (m2) sujeita a Risco Geotécnico	10.371,75

Exposição de Funcionários/Área	1,78E-02
Número de Pessoas Expostas	5
Probabilidade de Pessoas Expostas/m2 (fração)	3,57E-03
Probabilidade de Morte	100%
Exposição de Funcionários/ano (365 dias)	3,57E-03

Frequência do Evento (Frequência do EI 01/B * Exposição de Funcionários/ano)	3,79E-09
---	----------

854

Após a associação com a área sujeita a possível evento de movimento de massa, ao número de funcionários que operam no local, a quantidade de horas trabalhadas e aos dias do ano é possível observar que a frequência de morte pode ser de 1,09E-08/ano (Individual) e 3,79E-09 (Social) (Tabelas 110 e 111; Figuras 19 a 22).

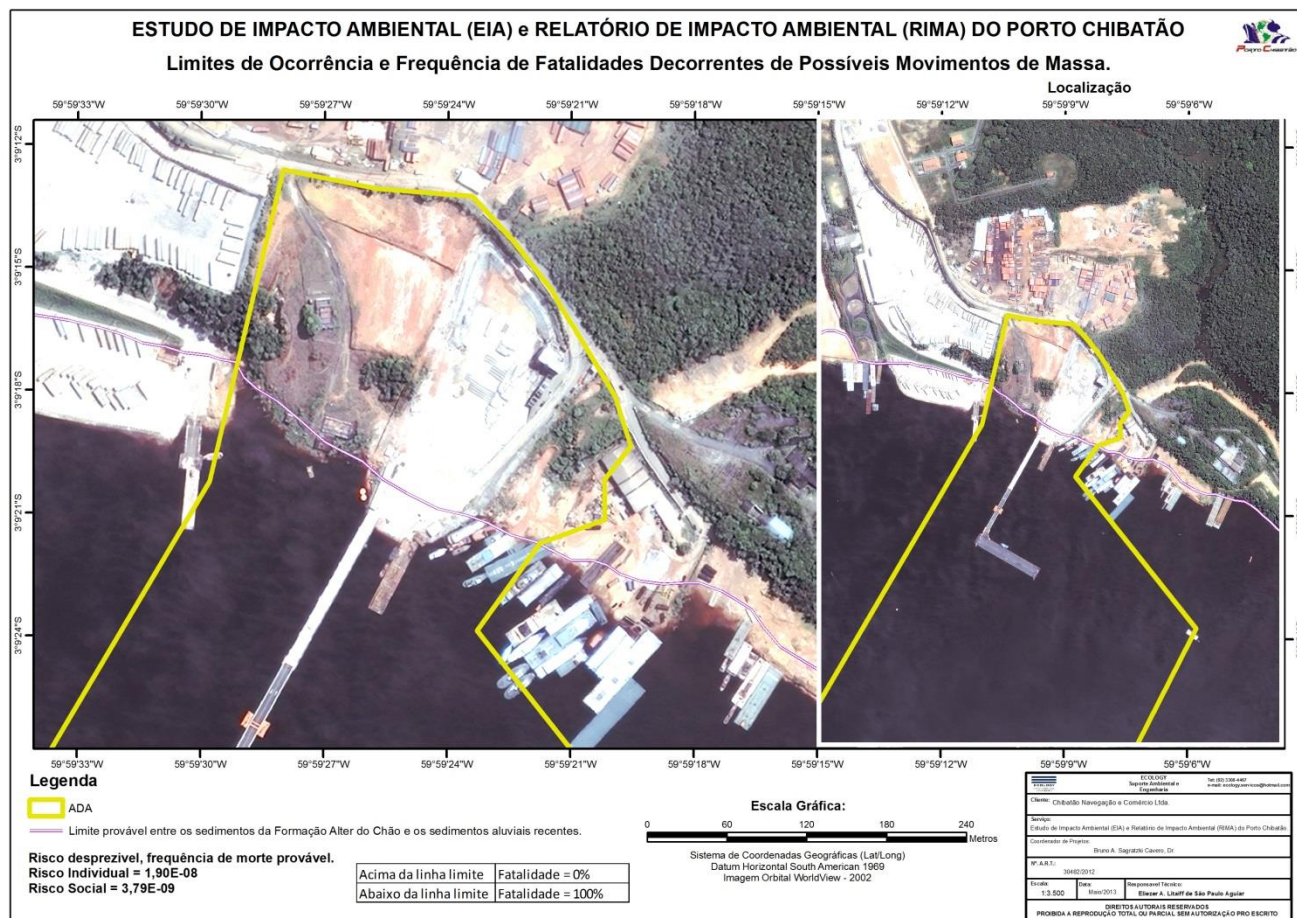


Figura 19. Linha limite (provável) para a ocorrência de movimento de massa na ADA do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) Manaus, AM. Imagem 2002

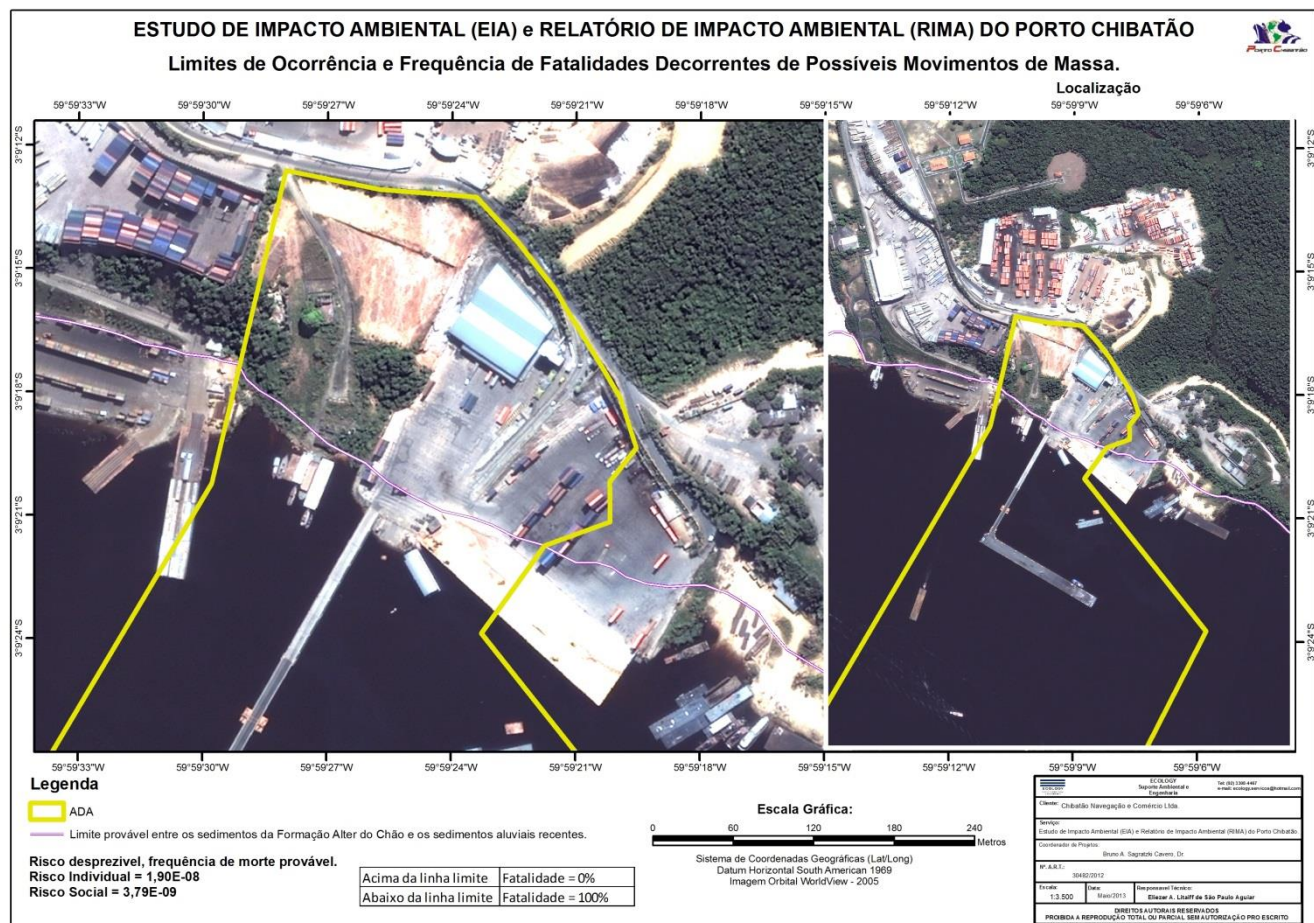


Figura 20. Linha limite (provável) para a ocorrência de movimento de massa na ADA do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) Manaus, AM. Imagem 2005

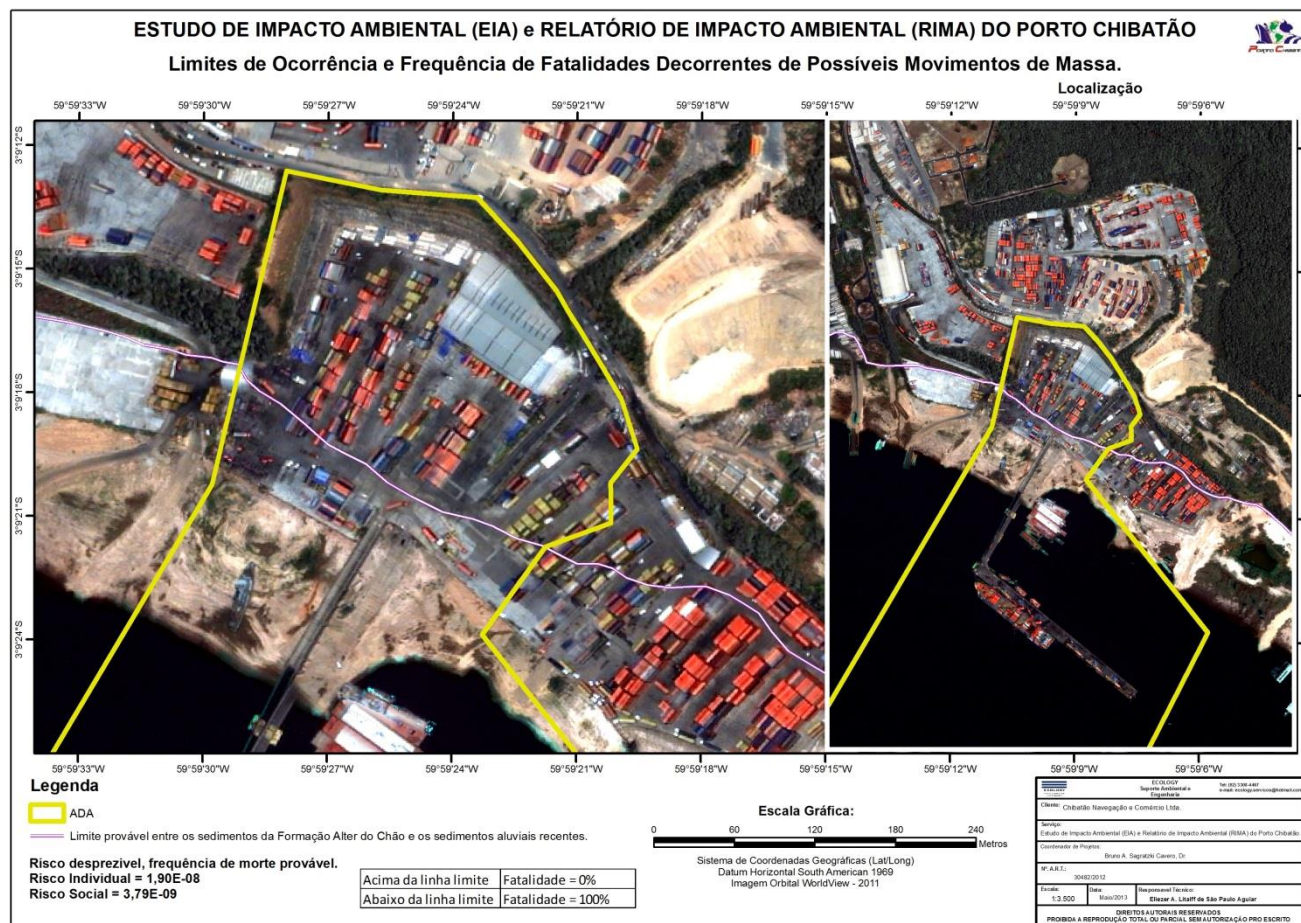


Figura 21. Linha limite (provável) para a ocorrência de movimento de massa na ADA do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) Manaus, AM. Imagem 2011

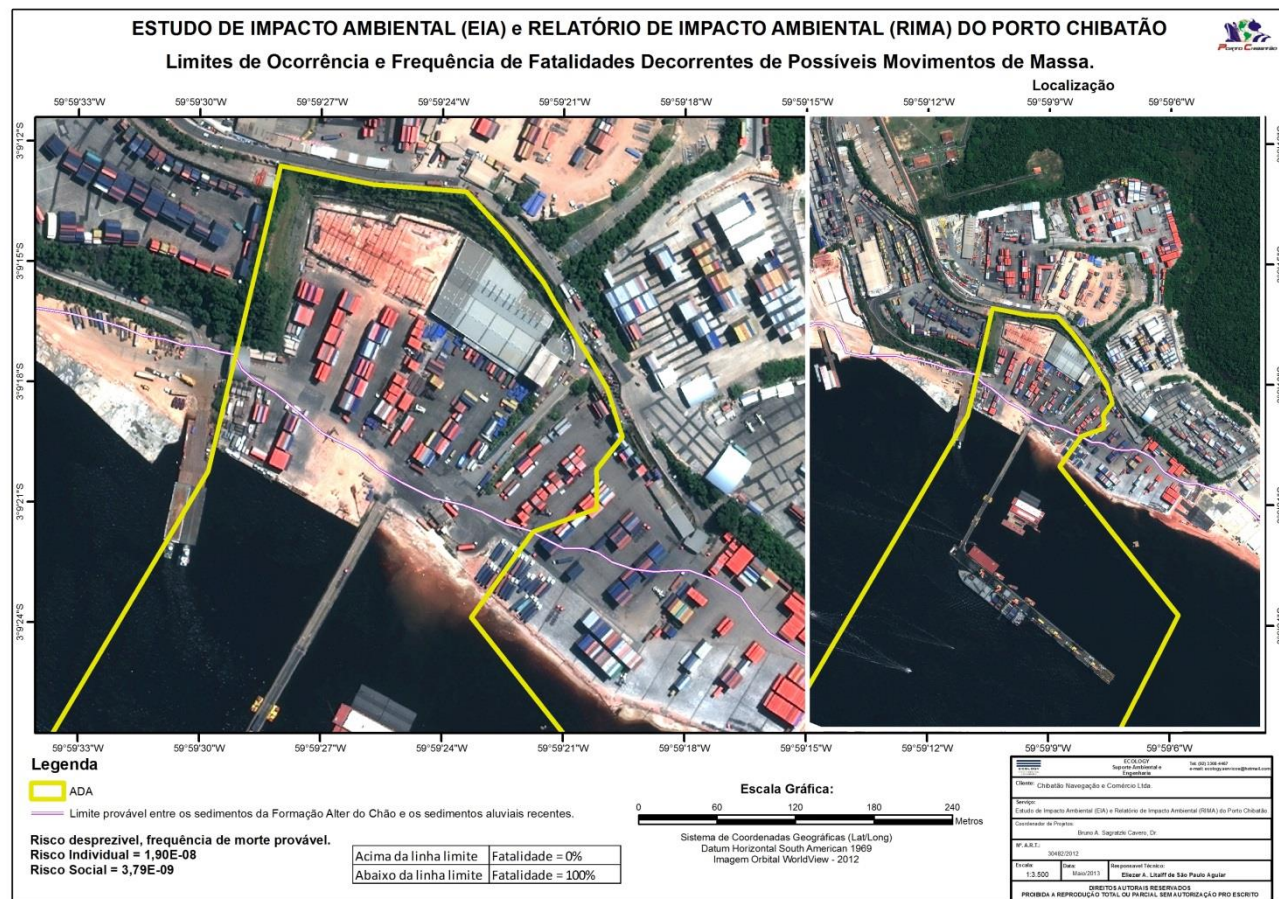


Figura 22. Linha limite (provável) para a ocorrência de movimento de massa na ADA do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) Manaus, AM. Imagem 2012



Tabela 112. Classificação do risco geológico-geotécnico da área do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) Manaus, AM.

Categorias		Descrições e Valores					Total/Categoria	Pontuação Máxima
Formas de Relevo		RTT	RTC					
		(1)	(2)					2
	Pontuação	1					1	
Intensidade de Drenagem		20%	40%	60%	80%	100%		
		(0 a 1)	(0 a 2)	(0 a 3)	(0 a 4)%	(0 a 5)		5
	Pontuação	1					1	
Topografia		Cota (até 50m)	Cota (51 a 100m)					
		(4 a 5)	(0 a 3)					5
	Pontuação	4					4	
Grau de Declividade		até 5°	6 a 15°	16 a 30°	acima de 30°			
		(0 a 1)	(2 a 3)	(4)	(5)			5
	Pontuação			4			4	
% de Antropização		20%	40%	60%	80%	100%		
		(0 a 1)	(0 a 2)	(0 a 3)	0 a 4)%	(0 a 5)		5
	Pontuação		2		4		6	
Amplitude do Ciclo Hidrológico		10	11	12	13	14		
		(0 a 1)	(0 a 2)	(0 a 3)	(0 a 4)%	(0 a 5)		5
	Pontuação					5	5	
Ocorrência de Solos de Formação Aluvial Sedimentar Quaternária		20%	40%	60%	80%	100%		
		(0 a 1)	(0 a 2)	(0 a 3)	(0 a 4)%	(0 a 5)		5
	Pontuação					5	5	
Tipo de Erosão Presente		Nula	Ligeira	Moderada	Forte	Muito Forte		
Notas		0-30	31-60	61-90	91-120	121-150		16
		1	2	4	8	16		
	Pontuação				8		8	
							Total/Categoria	Pontuação Máxima
							34	48

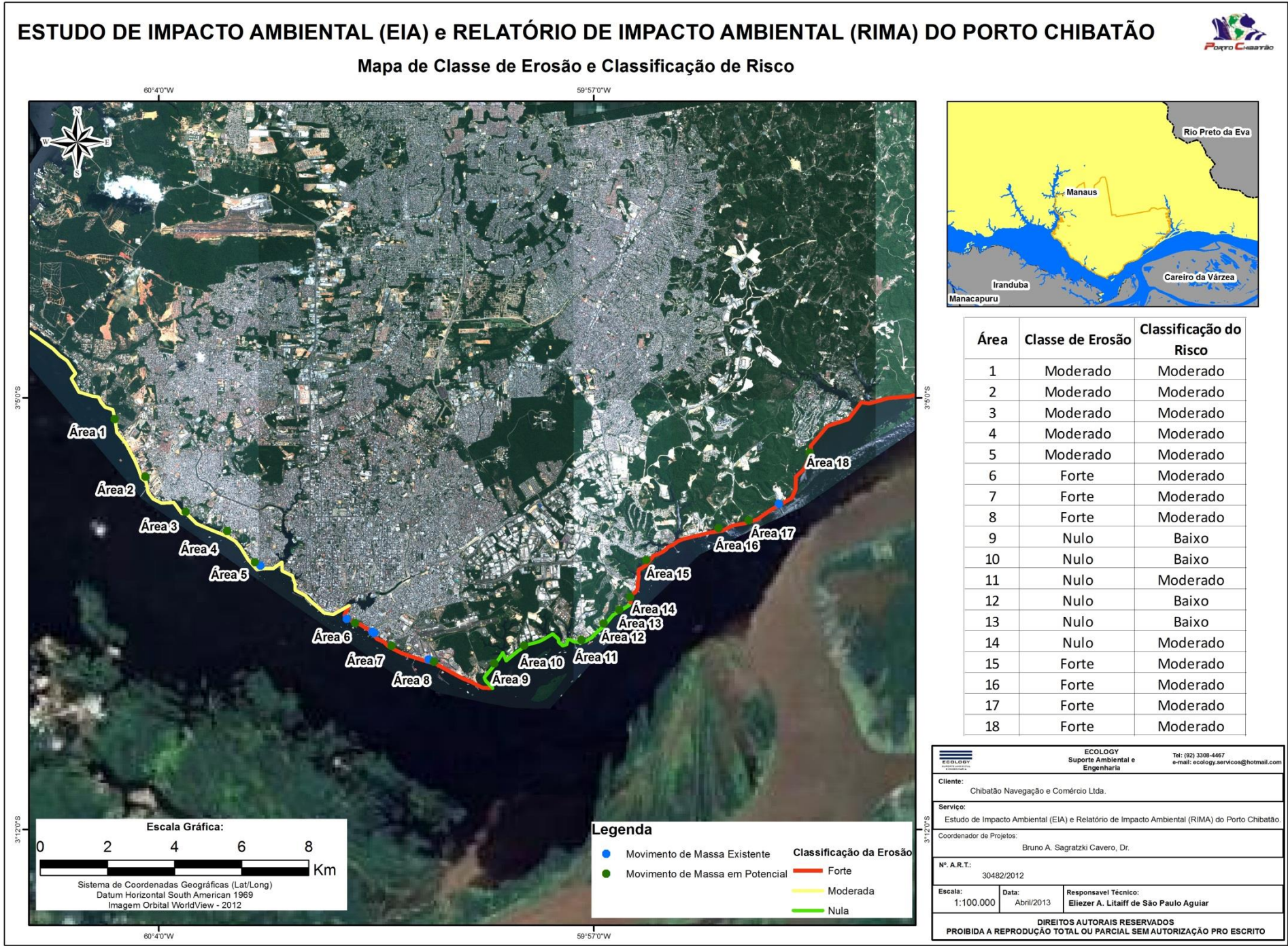


Figura 23. Mapa de Classes de Erosão e de Classificação de Risco Geológico-Geotécnico na AID do empreendimento. Região da margem esquerda do Rio Negro.



4.4 Conclusões da análise de consequências e vulnerabilidade

4.4.1 Fatalidades decorrentes de incêndios por bola de fogo e expostos a radiação térmica

Origem Navio: as áreas vulneráveis estão localizadas em um raio de cento e treze (113) metros (m). Nesta distância as consequências do acidente apresentam a probabilidade de zero (0) por cento (%) de fatalidades

Origem Cais Flutuante: as áreas vulneráveis estão localizadas em um raio de noventa (90) metros (m). Nesta distância as consequências do acidente apresentam a probabilidade de um (1,0) por cento (%) de fatalidades

Origem Pátio de Contêineres: as áreas vulneráveis estão localizadas em um raio de noventa (90) metros (m). Nesta distância as consequências do acidente apresentam a probabilidade de um (1,0) por cento (%) de fatalidades

Origem Área de Manutenção de Empilhadeiras: as áreas vulneráveis estão localizadas em um raio de noventa (90) metros (m). Nesta distância as consequências do acidente apresentam a probabilidade de um (1,0) por cento (%) de fatalidades

4.4.2 Fatalidades decorrentes de incêndios em poça e expostos a radiação térmica

861

Origem Navio: as áreas vulneráveis estão localizadas em um raio de trinta e dois (32) metros (m). Nesta distância as consequências do acidente apresentam a probabilidade de um (1) por cento (%) de fatalidades.

Origem Cais Flutuante: as áreas vulneráveis estão localizadas em um raio de trinta e dois (32) metros (m). Nesta distância as consequências do acidente apresentam a probabilidade de um (1) por cento (%) de fatalidades.

Origem Pátio de Contêineres: as áreas vulneráveis estão localizadas em um raio de trinta e dois (32) metros (m). Nesta distância as consequências do acidente apresentam a probabilidade de um (1) por cento (%) de fatalidades.

Origem Área de Manutenção de Empilhadeiras: as áreas vulneráveis estão localizadas em um raio de trinta e dois (32) metros (m). Nesta distância as consequências do acidente apresentam a probabilidade de um (1) por cento (%) de fatalidades.



4.4.3 Fatalidades decorrentes de explosão seguidos de onda de sobrepressão (outdoor)

Origem Navio: as áreas vulneráveis estão localizadas em um raio de vinte e dois (22) metros (m). Nesta distância as consequências do acidente apresentam a probabilidade de um (1) por cento (%) de fatalidades.

Origem Cais Flutuante: as áreas vulneráveis estão localizadas em um raio de vinte e dois (22) metros (m). Nesta distância as consequências do acidente apresentam a probabilidade de um (1) por cento (%) de fatalidades.

Origem Pátio de Contêineres: as áreas vulneráveis estão localizadas em um raio de vinte e dois (22) metros (m). Nesta distância as consequências do acidente apresentam a probabilidade de um (1) por cento (%) de fatalidades.

Origem Área de Manutenção de Empilhadeiras: as áreas vulneráveis estão localizadas em um raio de vinte e dois (22) metros (m). Nesta distância as consequências do acidente apresentam a probabilidade de um (1) por cento (%) de fatalidades.

4.4.4 Fatalidades decorrentes de explosão seguidos de onda de sobrepressão (indoor)

Origem Navio: as áreas vulneráveis estão localizadas em um raio de cento e setenta e um (171) metros. As consequências estão diretamente ligadas a efeito sobre as estruturas fixas, as quais deverão sofrer com o impacto: principalmente quebra de vidros de janelas com até um (1) por cento (%) de probabilidade de morte.

Origem Cais Flutuante: as áreas vulneráveis estão localizadas em um raio de cento e setenta e um (171) metros. As consequências estão diretamente ligadas a efeito sobre as estruturas fixas, as quais deverão sofrer com o impacto: principalmente quebra de vidros de janelas com até um (1) por cento (%) de probabilidade de morte.

Origem Pátio de Contêineres: as áreas vulneráveis estão localizadas em um raio de cento e setenta e um (171) metros. As consequências estão diretamente ligadas a efeito sobre as estruturas fixas, as quais deverão sofrer com o impacto: principalmente quebra de vidros de janelas com até um (1) por cento (%) de probabilidade de morte.

Origem Área de Manutenção de Empilhadeiras: as áreas vulneráveis estão localizadas em um raio de cento e setenta e um (171) metros. As consequências estão diretamente ligadas



a efeito sobre as estruturas fixas, as quais deverão sofrer com o impacto: principalmente quebra de vidros de janelas com até um (1) por cento (%) de probabilidade de morte.

4.4.5 Fatalidades decorrentes de movimentos de massa

As áreas vulneráveis são encontradas ao longo da orla da ADA do empreendimento. A probabilidade esperada para efeito de fatalidades a uma frequência de 100% morte dentro da área do evento é de $1,09E-08$ /ano (Individual) e $3,79E-09$ (Social).

Para pessoas que se encontram fora desta área sujeita a potenciais movimentos de massa a probabilidade de morte é igual a 0%.

A probabilidade de ocorrência de movimentos de massa na orla de Manaus é semelhante para os pontos identificados na Figura 22.

5. CÁLCULO DO RISCO SOCIAL E INDIVIDUAL

O risco é definido como uma função da consequência e probabilidade de um acidente ocorrer. Antes que o acidente ocorra, suas consequências bem como a probabilidade de ocorrência são estimativas mensuradas conforme as análises realizadas nos capítulos anteriores. Entretanto existe diversas formas de medir o risco e/ou apresentar sua estimativa. Essas medidas devem ser realizadas de acordo com o nível de informação e dos recursos disponíveis. A seguir é apresentado o método utilizado para a obtenção dos riscos de acordo com os cenários levantado.

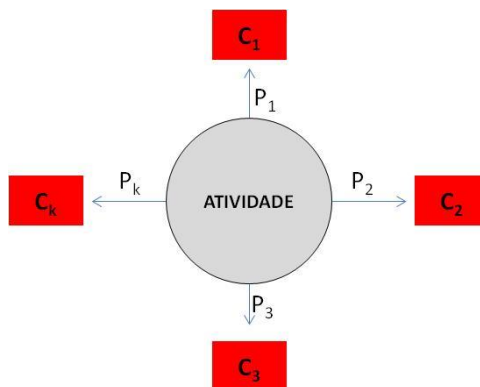
O risco também é definido como uma medida de perda econômica, lesão humana ou dano ambiental em termos de probabilidade e magnitude da perda, lesão corporal ou dano.

5.1 Medidas de risco

Neste estudo as medidas de risco foram aquelas que estimam o risco de ocorrência de dano e/ou fatalidade humana causada pelo impacto imediato de um acidente – incêndio e explosão.

De forma geral o risco pode ser descrito a partir do seguinte organograma:

864



Onde:

C_n: representam as consequências advindas dos danos provocados por um acidente

P_n: representam as frequências de ocorrência das consequências oriundas dos danos provocados por um acidente.

Desta forma geralmente o conceito é definido pela seguinte fórmula:

$$\text{Risco} = C_1P_1 + C_2P_2 + C_3P_3 + \dots + C_nP_n$$



5.2 Cálculo do Risco (Para Instalações Fixas)

Delimitação das áreas de risco

Utilizando-se os resultados da árvore de eventos para o cálculo das consequências e dos eventos iniciadores de acidentes, foi possível definir três áreas de risco:

Área 01 = Distância de dano de radiação equivalente a 1% de probabilidade de morte

Área 02 = Distância de dano de radiação equivalente a 50% de probabilidade de morte

Área 03 = Distância de dano de radiação equivalente a 99% de probabilidade de morte

Cálculo da frequência para a obtenção das pessoas expostas (intramuro)

NE = Número de funcionários x Área do Empreendimento⁻¹

Onde:

NE: representa o número de pessoas expostas por área

Dados: Número de funcionários previsto + terceiros = 340

Raio do Evento Iniciador de Acidentes de acordo com sua probabilidade de morte (m²):

De acordo com o levantamento da Análise Preliminar de Perigos foram levantados oito (08) eventos iniciadores de acidentes (EI's) dos quais foram calculados a suas frequências de ocorrência na análise de consequências e vulnerabilidade. As mesmas são apresentadas a seguir com o objetivo de compor os dados do modelo de entrada para a análise de riscos (Tabelas 113 a 121).

865

Tabela 113. Cenários escolhidos para as simulações das consequências

CÓDIGO DO EVENTO	EVENTO INICIADOR	Nº CENÁRIO	Quantidade de Cenários/Evento
E-01	Perda de Cargas e Equipamentos	1, 35	2
E-02	Derramamento de Combustíveis	38	1
E-03	Queda e Tombamento de Contêineres	5,7,27,41	4
E-07	Colisão entre embarcações e navio-cais flutuante	11,12	2
E-08	Naufrágio	13	1
E-09	Derramamento de Resíduos, Efluentes, Óleos e Graxas, e Cargas em Geral	17,19,31,33	4
E-11	Incêndio em prédios (galpões e administrativos) máquinas e equipamentos	22,48,50,55,57	5
E-12	Escavações sobre instalações elétricas	49,56	2



Tabela 114. Frequência acumulada do evento iniciador de acidente EI-01 (A e B)

EI -01/A		
Causa	Número de Componentes	Frequência/ano
Falha Humana	20 (operadores do cais) (Probabilidade de ocorrer erro operacional = 1/20 (pessoas)/365 (dias)/8 (horas de trabalho)/204 (navios ano)	8,39E-08
Fadiga de Material (Quebra de Cabo de aço)	2000 (comprimento do cabo de aço em m) (Probabilidade de ocorrer fadiga do material = 1/2000 (comprimento do cabo em m)/365 (dias do ano)/8 (horas de trabalho)/5 (guindastes)/204 (navios ano)	1,68E-10
Falha no Guindaste	5 (Quantidade de Guindastes no Cais) (Probabilidade de ocorrer falha no guindaste = 1/5 (Nº de Guindastes)/365 (dias do ano)/8 (horas de trabalho)/204 (navios ano)	3,36E-07
Adernamento de Embarcação	204 (navios ano) (Probabilidade de ocorrer perda de carga de grande magnitude por adernamento de embarcação = 1/204 (navios ano)/81.600 (Nº de Contêineres desembarcados/ano)	6,01E-08
Vento Forte	Ventos acima da 4m/s (Probabilidade de ocorrer ventos acima de 4m/s = 1/3.600 (segundo/dia)/365 (dias do ano)	7,61E-07
Frequência total do Evento Iniciador		1,24E-06

EI -01/B		
Causa	Número de Componentes	Frequência/ano
Movimentos de Massa	1 (Probabilidade ocorrer acidente geotécnico = 1/2.230.000 (Comprimento do rio em m)*2 (margens do rio)/0,5 (estação seca)	4,48E-07
Ciclo Hidrológico	1 (Probabilidade de ocorrer amplitude maior a 10,77m = 1/365 (dias do ano)/2 (margens)/2230 km (comprimento do rio)	6,14E-07
Frequência total do Evento Iniciador		1,06E-06

Tabela 115. Frequência acumulada do evento iniciador de acidente EI-02

EI -02		
Causa	Número de Componentes	Frequência/ano
Ruptura de tubulação/inclusive corrosão	15	6,67E-09
Probabilidade de ocorrer em bombas centrífugas	12	1,67E-06
Probabilidade de ocorrer em válvulas	30	6,67E-07
Probabilidade de ocorrer em flanges e conexões	75	1,33E-07
Frequência total do Evento Iniciador		2,47E-06

Tabela 116. Frequência acumulada do evento iniciador de acidente EI-03

EI -03		
Causa	Número de Componentes	Frequência/ano
Falha Humana	20 (operadores do cais) (Probabilidade de ocorrer erro operacional = 1/20 (pessoas)/365 (dias)/8 (horas de trabalho)/204 (navios ano)	8,39E-08
Fadiga de Material (Quebra de Cabo de aço)	2000 (comprimento do cabo de aço em m) (Probabilidade de ocorrer fadiga do material = 1/2000 (comprimento do cabo em m)/365 (dias do ano)/8 (horas de trabalho)/5 (guindastes)/204 (navios ano)	1,68E-10
Falha no Guindaste	5 (Quantidade de Guindastes no Cais) (Probabilidade de ocorrer falha no guindaste = 1/5 (Nº de Guindastes)/365 (dias do ano)/8 (horas de trabalho)/204 (navios ano)	3,36E-07
Adernamento de Embarcação	204 (navios ano) (Probabilidade de ocorrer perda de carga de grande magnitude por adernamento de embarcação = 1/204 (navios ano)/81.600 (Nº de Contêineres desembarcados/ano)	6,01E-08
Vento Forte	Ventos acima da 4m/s (Probabilidade de ocorrer ventos acima de 4m/s = 1/3.600 (segundo/dia)/365 (dias do ano)	7,61E-07
Frequência total do Evento Iniciador		1,24E-06



Tabela 117. Frequência acumulada do evento iniciador de acidente EI-07

EI -07		
Causa	Número de Componentes	Frequência/ano
Falha Humana	1 (Prático da embarcação) (Probabilidade de ocorrer erro operacional = 1 (prático da embarcação)/365 (dias)/8 (horas de trabalho)/204 (navios ano)	1,67875E-06
Falha de Equipamentos de Navegação	4 (Ecobatímetro, Bussola, GPS, Sonar) (Probabilidade de ocorrer falha de equipamentos de navegação = 1/2 (Equipamentos)/365 (dias do ano)/8 (horas de trabalho)/204 (navios ano)	4,20E-07
Vento Forte	Ventos acima da 4m/s (Probabilidade de ocorrer ventos acima de 4m/s = 1/3.600 (segundo/dia)/365 (dias do ano)	7,61E-07
Frequência total do Evento Iniciador		2,86E-06

Tabela 118. Frequência acumulada do evento iniciador de acidente EI-08

EI -08		
Causa	Número de Componentes	Frequência/ano
Colisão	Colisão	2,43996E-06
Falha Humana	1 (Naufrágio) (Probabilidade de ocorrer erro operacional = 1 (prático da embarcação)/365 (dias)/8 (horas de trabalho)/204 (navios ano)	1,67875E-06
Falha de Equipamentos de Navegação	4 (Ecobatímetro, Bussola, GPS, Sonar) (Probabilidade de ocorrer falha de equipamentos de navegação = 1/2 (Equipamentos)/365 (dias do ano)/8 (horas de trabalho)/204 (navios ano)	4,20E-07
Vento Forte	Ventos acima da 4m/s (Probabilidade de ocorrer ventos acima de 4m/s = 1/3.600 (segundo/dia)/365 (dias do ano)	7,61E-07
Frequência total do Evento Iniciador		5,30E-06

Tabela 119. Frequência acumulada do evento iniciador de acidente EI-09

EI -09		
Causa	Número de Componentes	Frequência/ano
Ruptura de tubulação/inclusive corrosão	15	6,67E-09
Probabilidade de ocorrer em bombas centrífugas	12	1,67E-06
Probabilidade de ocorrer em válvulas	30	6,67E-07
Probabilidade de ocorrer em flanges e conexões	75	1,33E-07
Frequência total do Evento Iniciador		2,47E-06

867

Tabela 120. Frequência acumulada do evento iniciador de acidente EI-11

EI -11		
Causa	Número de Componentes	Frequência/ano
Descargas Atmosféricas	6 (2 Galpões, 1 Prédio Administrativo, 2 Portarias, 1 Refeitório) (Probabilidade ocorrer Incêndio por descarga atmosférica = 1/6 (Instalações)/5 (Pararraios)/3600 (segundos/dia)/365 (dias/ano)*0,2 (Poucas fontes de ignição)	5,07E-09
Falha no Sistema Elétrico	6 (2 Galpões, 1 Prédio Administrativo, 2 Portarias, 1 Refeitório) (Probabilidade ocorrer Incêndio por descarga atmosférica = 1/6 (Instalações)/6 (Quadro Elétrico)/3600 (segundos/dia)/365 (dias/ano)*0,2 (Poucas fontes de ignição)	2,11E-08
Frequência total do Evento Iniciador		2,62E-08

Tabela 121. Frequência acumulada do evento iniciador de acidente EI-12

EI -12		
Causa	Número de Componentes	Frequência/ano
Adequação de Projeto	1 (Instalações elétricas subterâneas) (Probabilidade de ocorrer incêndio decorrente de escavações = 1/10 (anos de existência do empreendimento)/Área do empreendimento (69.145 m2)/8 (horas de trabalho)/365 (dias/ano)	4,95E-10
Escavação não orientada com ruptura de cabeamento elétrico	1 (Instalações elétricas subterâneas) (Probabilidade de ocorrer incêndio decorrente de escavações = 1/8 (horas de trabalho)/365 (dias/ano)/69.145 (área do empreendimento em m2)	4,95E-09
Frequência total do Evento Iniciador		5,45E-09



O cálculo dos riscos foi realizado dando continuidade o método de árvore de eventos (Tabela 122):

Tabela 122. Exemplo de tabela de árvore de eventos utilizada para o cálculo dos riscos individuais e sociais.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Produto	Radiação	Distância	Área	Frequência	Probabilidade de Morte	Número de Funcionários	Número de Funcionários /área	Número de Pessoas Expostas	Probabilidade de Pessoas Expostas na Área	Probabilidade de Morte (5x6x10)
Diesel	(kW/m ²)	(m)	(m ²)	(ano)	%	Total	(Fração)	Unidade	(fração) ⁱ	(Adimensional/ano)
	55	54	9.161	1,16E-07	99%	43	47%	1	0,469	5,39E-08
							47%	3	0,103	1,19E-08
	43,5	64	12.868	1,16E-07	50%	43	33%	1	0,334	1,94E-08
							33%	3	0,037	2,16E-09
	35	105	34.636	1,16E-07	1%	43	12%	1	0,469	5,44E-10
							12%	3	0,103	1,20E-10

A distribuição utilizada com relação a número de funcionários/área foi realizada a partir dos dados levantados ao longo do diagnóstico do meio antrópico (Tabela 123).

5.3 Critérios de aceitabilidade

Risco Individual (RI): foi adotado o critério inglês.

- Nível máximo tolerável (ocupacional) para trabalhadores = $1 \times 1,0E-3/\text{ano}$
- Nível máximo tolerável para um indivíduo do público exposto ao risco = $1 \times 1,0E-4/\text{ano}$
- Nível aceitável (insignificante) = $1 \times 1,0E-6/\text{ano}$ a $1 \times 1,0E-7/\text{ano}$

Risco Social (RS): foi adotado o critério dinamarquês.

- Frequência anual para acidentes/ano = $1E-4$ para acidentes que provoquem até 1% de morte e,
- Frequência de $1E-6$ para acidentes que provoquem até 10 mortes/ano.



Tabela 123. Frequência dos colaboradores na ADA do empreendimento

Função	Nº de Funcionários	Frequência Relativa (%)
<i>Alfandegado/Averbação</i>	07	2,1
<i>Alfandegado/Adm. De Pessoal</i>	01	0,3
<i>Alfandegado/Administração</i>	08	2,4
<i>Alfandegado/Armazém II</i>	21	6,2
<i>Alfandegado/Balança</i>	01	0,3
<i>Alfandegado/Cozinha</i>	01	0,3
<i>Alfandegado/Faltas e Avarias</i>	25	7,4
<i>Alfandegado/Faturamento</i>	06	1,8
<i>Alfandegado/Frota</i>	91	26,8
<i>Alfandegado/Gate</i>	20	5,9
<i>Alfandegado/Logística</i>	07	2,1
<i>Alfandegado/Máq. Pesadas</i>	11	3,2
<i>Alfandegado/Manut. Predial</i>	05	1,5
<i>Alfandegado/Navegação</i>	02	0,6
<i>Alfandegado/Op. Portuária</i>	03	0,9
<i>Alfandegado/Operacional</i>	22	6,5
<i>Alfandegado/Pátio</i>	71	20,9
<i>Alfandegado/PCO</i>	03	0,9
<i>Alfandegado/Pier</i>	14	4,1
<i>Alfandegado/Serviços Gerais</i>	13	3,8
<i>Alfandegado/SESMT</i>	06	1,8
<i>Alfandegado/SGI</i>	02	0,6
TOTAL	340	100,0



5.4 Resultados da Análise de Risco

5.4.1 Riscos obtidos para o cálculo de Eventos decorrentes de Incêndio seguido de bola de fogo

Tabela 124. Resultados da análise de risco individual e social por explosão em bola de fogo iniciado em navio aportado no cais flutuante do empreendimento.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Produto	Radiação	Distância	Área	Frequência	Probabilidade de Morte	Número de Funcionários	Probabilidade de Pessoas Expostas/m2	Número de Pessoas Expostas	Probabilidade de Pessoas Expostas na Área	Probabilidade de Morte (5x6x10)
	(kW/m ²)	(m)	(m ²)	(ano)	%	Total	Pessoas/m2	Unidade	(fração) ⁱ	(Adimensional/ano)
Diesel	76,21	81	20.612	1,24E-06	99%	17	0,00082	1	0,001	1,01E-09
								10	0,000	1,01E-10
	43,5	108,4	36.916	1,24E-06	49%	17	0,00046	1	0,000	2,80E-10
								5	0,000	5,60E-11
	35	113,7	40.614	1,24E-06	1%	17	0,00042	1	0,000	5,19E-12
								5	0,000	1,04E-12

870



Tabela 125. Resultados da análise de risco individual e social por explosão em bola de fogo iniciado no cais flutuante do empreendimento.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Produto	Radiação	Distância	Área	Frequência	Probabilidade de Morte	Número de Funcionários	Probabilidade de Pessoas Expostas/m2	Número de Pessoas Expostas	Probabilidade de Pessoas Expostas na Área	Probabilidade de Morte (5x6x10)
	(kW/m ²)	(m)	(m ²)	(ano)	%	Total	Pessoas/m2	Unidade	(fração) ⁱ	(Adimensional/ano)
Diesel	40,32	58,95	10.917	5,30E-06	99%	92	0,00843	1	0,008	1,04E-08
								5	0,002	2,07E-09
	40,32	84,77	22.575	5,30E-06	49%	92	0,00408	1	0,004	2,48E-09
								5	0,001	4,96E-10
	35	90,18	25.549	5,30E-06	1%	92	0,00360	1	0,004	4,47E-11
								5	0,001	8,94E-12

Tabela 126. Resultados da análise de risco individual e social por explosão em bola de fogo iniciado no pátio de contêineres do empreendimento.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Produto	Radiação	Distância	Área	Frequência	Probabilidade de Morte	Número de Funcionários	Probabilidade de Pessoas Expostas/m2	Número de Pessoas Expostas	Probabilidade de Pessoas Expostas na Área	Probabilidade de Morte (5x6x10)
	(kW/m ²)	(m)	(m ²)	(ano)	%	Total	Pessoas/m2	Unidade	(fração) ⁱ	(Adimensional/ano)
Diesel	40,32	58,95	10.917	2,47E-06	99%	93	0,00852	1	0,009	1,05E-08
								5	0,002	2,09E-09
	40,32	84,77	22.575	2,47E-06	49%	93	0,00412	1	0,004	2,50E-09
								5	0,001	5,01E-10
	35	90,18	25.549	2,47E-06	1%	93	0,00364	1	0,004	4,52E-11
								5	0,001	9,03E-12



Tabela 127. Resultados da análise de risco individual e social por explosão em bola de fogo iniciado na área de manutenção de empilhadeiras do empreendimento.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Produto	Radiação	Distância	Área	Frequência	Probabilidade de Morte	Número de Funcionários	Probabilidade de Pessoas Expostas/m2	Número de Pessoas Expostas	Probabilidade de Pessoas Expostas na Área	Probabilidade de Morte (5x6x10)
	(kW/m ²)	(m)	(m ²)	(ano)	%	Total	Pessoas/m2	Unidade	(fração) ⁱ	(Adimensional/ano)
Diesel	40,32	58,95	10.917	1,24E-06	99%	11	0,00101	1	0,001	1,24E-09
								5	0,000	2,48E-10
	40,32	84,77	22.575	1,24E-06	49%	11	0,00049	1	0,000	2,96E-10
								5	0,000	5,93E-11
	35	90,18	25.549	1,24E-06	1%	11	0,00043	1	0,000	5,34E-12
								5	0,000	1,07E-12

5.4.2 Riscos obtidos para o cálculo de Eventos decorrentes de Incêndio em Poça

872

Tabela 128. Resultados da análise de risco individual e social por incêndio em poça iniciado em navio aportado no cais flutuante do empreendimento.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Produto	Radiação	Distância	Área	Frequência	Probabilidade de Morte	Número de Funcionários	Probabilidade de Pessoas Expostas/m2	Número de Pessoas Expostas	Probabilidade de Pessoas Expostas na Área	Probabilidade de Morte (5x6x10)
	(kW/m ²)	(m)	(m ²)	(ano)	%	Total	Pessoas/m2	Unidade	(fração) ⁱ	(Adimensional/ano)
Diesel	54,88	23	1.662	1,24E-06	99%	17	0,01023	1	0,010	1,26E-08
								10	0,001	1,26E-09
	43,5	27,3	2.341	1,24E-06	49%	17	0,00726	1	0,007	4,41E-09
								5	0,001	8,83E-10
	35	32	3.217	1,24E-06	1%	17	0,00528	1	0,005	6,56E-11
								5	0,001	1,31E-11



Tabela 129. Resultados da análise de risco individual e social por explosão em bola de fogo iniciado no cais flutuante do empreendimento.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Produto	Radiação	Distância	Área	Frequência	Probabilidade de Morte	Número de Funcionários	Probabilidade de Pessoas Expostas/m2	Número de Pessoas Expostas	Probabilidade de Pessoas Expostas na Área	Probabilidade de Morte (5x6x10)
	(kW/m ²)	(m)	(m ²)	(ano)	%	Total	Pessoas/m2	Unidade	(fração) ⁱ	(Adimensional/ano)
Diesel	54,88	23	1.662	5,30E-06	99%	92	0,05536	1	0,055	6,80E-08
								5	0,011	1,36E-08
	43,5	27,3	2.341	5,30E-06	49%	92	0,03929	1	0,039	2,39E-08
								5	0,008	4,78E-09
	35	32	3.217	5,30E-06	1%	92	0,02860	1	0,029	3,55E-10
								5	0,006	7,10E-11

873

Tabela 130. Resultados da análise de risco individual e social por incêndio em poça iniciado no pátio de contêineres do empreendimento.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Produto	Radiação	Distância	Área	Frequência	Probabilidade de Morte	Número de Funcionários	Probabilidade de Pessoas Expostas/m2	Número de Pessoas Expostas	Probabilidade de Pessoas Expostas na Área	Probabilidade de Morte (5x6x10)
	(kW/m ²)	(m)	(m ²)	(ano)	%	Total	Pessoas/m2	Unidade	(fração) ⁱ	(Adimensional/ano)
Diesel	54,88	23	1.662	2,47E-06	99%	93	0,05596	1	0,056	6,87E-08
								5	0,011	1,37E-08
	43,5	27,3	2.341	2,47E-06	49%	93	0,03972	1	0,040	2,42E-08
								5	0,008	4,83E-09
	35	32	3.217	2,47E-06	1%	93	0,02891	1	0,029	3,59E-10
								5	0,006	7,17E-11



Tabela 131. Resultados da análise de risco individual e social por incêndio em poça iniciado na área de manutenção de empilhadeiras do empreendimento.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Produto	Radiação	Distância	Área	Frequência	Probabilidade de Morte	Número de Funcionários	Probabilidade de Pessoas Expostas/m2	Número de Pessoas Expostas	Probabilidade de Pessoas Expostas na Área	Probabilidade de Morte (5x6x10)
	(kW/m ²)	(m)	(m ²)	(ano)	%	Total	Pessoas/m2	Unidade	(fração) ⁱ	(Adimensional/ano)
Diesel	54,88	23	1.662	1,24E-06	99%	11	0,00662	1	0,0066	8,13E-09
								5	0,0013	1,63E-09
	43,5	27,3	2.341	1,24E-06	49%	11	0,00470	1	0,0047	2,86E-09
								5	0,0009	5,71E-10
	35	32	3.217	1,24E-06	1%	11	0,00342	1	0,0034	4,24E-11
								5	0,0007	8,49E-12



5.4.3 Riscos obtidos para o cálculo de Eventos decorrentes Explosão: Sobrepressão sobre estruturas (pessoas *indoor*)

Tabela 132. Resultados da análise de risco individual e social decorrentes de explosão: Efeito de Sobrepressão sobre estruturas, ocorrida em navio aportado no cais flutuante do empreendimento.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Produto	Intensidade da Onda de Sobrepressão	Distância	Área	Frequência	Probabilidade de Morte	Número de Funcionários	Probabilidade de Pessoas Expostas/m2	Número de Pessoas Expostas	Probabilidade de Pessoas Expostas na Área	Probabilidade de Morte (5x6x10)
	(bar)	(m)	(m ²)	(ano)	%	Total	Pessoas/m2	Unidade	(fração) ⁱ	(Adimensional/ano)
Gasolina	0,4	49	7.543	1,24E-06	99%	17	0,00225	1	0,002	2,77E-09
								10	0,000	2,77E-10
	0,2	87	23.779	1,24E-06	49%	17	0,00071	1	0,001	4,35E-10
								5	0,000	8,69E-11
	0,09	171	91.864	1,24E-06	1%	17	0,00019	1	0,000	2,30E-12
								5	0,000	4,59E-13



Tabela 133. Resultados da análise de risco individual e social decorrentes de explosão: Efeito de Sobrepressão sobre estruturas, ocorrida no cais flutuante do empreendimento.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Produto	Intensidade da Onda de Sobrepressão	Distância	Área	Frequência	Probabilidade de Morte	Número de Funcionários	Probabilidade de Pessoas Expostas/m2	Número de Pessoas Expostas	Probabilidade de Pessoas Expostas na Área	Probabilidade de Morte (5x6x10)
	(bar)	(m)	(m ²)	(ano)	%	Total	Pessoas/m2	Unidade	(fração) ⁱ	(Adimensional/ano)
Gasolina	0,4	49	7.543	5,30E-06	99%	92	0,01220	1	0,012	1,50E-08
								5	0,002	3,00E-09
	0,2	87	23.779	5,30E-06	49%	92	0,00387	1	0,004	2,35E-09
								5	0,001	4,71E-10
	0,09	171	91.864	5,30E-06	1%	92	0,00100	1	0,001	1,24E-11
								5	0,000	2,49E-12

Tabela 134. Resultados da análise de risco individual e social decorrentes de explosão: Efeito de Sobrepressão sobre estruturas, ocorrida no pátio de contêineres do empreendimento.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Produto	Intensidade da Onda de Sobrepressão	Distância	Área	Frequência	Probabilidade de Morte	Número de Funcionários	Probabilidade de Pessoas Expostas/m2	Número de Pessoas Expostas	Probabilidade de Pessoas Expostas na Área	Probabilidade de Morte (5x6x10)
	(bar)	(m)	(m ²)	(ano)	%	Total	Pessoas/m2	Unidade	(fração) ⁱ	(Adimensional/ano)
Gasolina	0,4	49	7.543	2,47E-06	99%	93	0,01233	1	0,012	1,51E-08
								5	0,002	3,03E-09
	0,2	87	23.779	2,47E-06	49%	93	0,00391	1	0,004	2,38E-09
								5	0,001	4,76E-10
	0,09	171	91.864	2,47E-06	1%	93	0,00101	1	0,001	1,26E-11
								5	0,000	2,51E-12



Tabela 135. Resultados da análise de risco individual e social decorrentes de explosão: Efeito de Sobrepressão sobre estruturas, ocorrida área de manutenção de empilhadeiras do empreendimento.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Produto	Intensidade da Onda de Sobrepressão	Distância	Área	Frequência	Probabilidade de Morte	Número de Funcionários	Probabilidade de Pessoas Expostas/m2	Número de Pessoas Expostas	Probabilidade de Pessoas Expostas na Área	Probabilidade de Morte (5x6x10)
	(bar)	(m)	(m ²)	(ano)	%	Total	Pessoas/m2	Unidade	(fração) ⁱ	(Adimensional/ano)
Gasolina	0,4	49	7.543	1,24E-06	99%	11	0,00146	1	0,0015	1,79E-09
								5	0,0003	3,58E-10
	0,2	87	23.779	1,24E-06	49%	11	0,00046	1	0,0005	2,81E-10
								5	0,0001	5,63E-11
	0,09	171	91.864	1,24E-06	1%	11	0,00012	1	0,0001	1,49E-12
								5	0,0000	2,97E-13



5.4.4 Riscos obtidos para o cálculo de Eventos decorrentes Explosão: Sobrepressão sobre pessoas (pessoas *outdoor*)

Tabela 136. Resultados da análise de risco individual e social decorrentes de explosão: Efeito de Sobrepressão sobre as pessoas, ocorrida em navio aportado no cais flutuante do empreendimento.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Produto	Intensidade da Onda de Sobrepressão	Distância	Área	Frequência	Probabilidade de Morte	Número de Funcionários	Probabilidade de Pessoas Expostas/m2	Número de Pessoas Expostas	Probabilidade de Pessoas Expostas na Área	Probabilidade de Morte (5x6x10)
	(bar)	(m)	(m ²)	(ano)	%	Total	Pessoas/m2	Unidade	(fração) ⁱ	(Adimensional/ano)
Gasolina	2,04	13	531	1,24E-06	99%	17	0,03202	1	0,032	3,93E-08
								10	0,003	3,93E-09
	1,46	17	908	1,24E-06	49%	17	0,01872	1	0,019	1,14E-08
								5	0,004	2,28E-09
	1,07	22	1.521	1,24E-06	1%	17	0,01118	1	0,011	1,39E-10
								5	0,002	2,77E-11



Tabela 137. Resultados da análise de risco individual e social decorrentes de explosão: Efeito de Sobrepressão sobre as pessoas, ocorrida no cais flutuante do empreendimento.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Produto	Intensidade da Onda de Sobrepressão	Distância	Área	Frequência	Probabilidade de Morte	Número de Funcionários	Probabilidade de Pessoas Expostas/m2	Número de Pessoas Expostas	Probabilidade de Pessoas Expostas na Área	Probabilidade de Morte (5x6x10)
	(bar)	(m)	(m ²)	(ano)	%	Total	Pessoas/m2	Unidade	(fração) ⁱ	(Adimensional/ano)
Gasolina	2,04	13	531	5,30E-06	99%	92	0,17328	1	0,173	2,13E-07
								5	0,035	4,26E-08
	1,46	17	908	5,30E-06	49%	92	0,10133	1	0,101	6,16E-08
								5	0,020	1,23E-08
	1,07	22	1.521	5,30E-06	1%	92	0,06051	1	0,061	7,51E-10
								5	0,012	1,50E-10

Tabela 138. Resultados da análise de risco individual e social decorrentes de explosão: Efeito de Sobrepressão sobre as pessoas, ocorrida no pátio de contêineres do empreendimento.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Produto	Intensidade da Onda de Sobrepressão	Distância	Área	Frequência	Probabilidade de Morte	Número de Funcionários	Probabilidade de Pessoas Expostas/m2	Número de Pessoas Expostas	Probabilidade de Pessoas Expostas na Área	Probabilidade de Morte (5x6x10)
	(bar)	(m)	(m ²)	(ano)	%	Total	Pessoas/m2	Unidade	(fração) ⁱ	(Adimensional/ano)
Gasolina	2,04	13	531	2,47E-06	99%	93	0,17516	1	0,175	2,15E-07
								5	0,035	4,30E-08
	1,46	17	908	2,47E-06	49%	93	0,10243	1	0,102	6,23E-08
								5	0,020	1,25E-08
	1,07	22	1.521	2,47E-06	1%	93	0,06116	1	0,061	7,59E-10
								5	0,012	1,52E-10



Tabela 139. Resultados da análise de risco individual e social decorrentes de explosão: Efeito de Sobrepressão sobre as pessoas, ocorrida na área de manutenção de empilhadeiras do empreendimento.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Produto	Intensidade da Onda de Sobrepressão	Distância	Área	Frequência	Probabilidade de Morte	Número de Funcionários	Probabilidade de Pessoas Expostas/m2	Número de Pessoas Expostas	Probabilidade de Pessoas Expostas na Área	Probabilidade de Morte (5x6x10)
	(bar)	(m)	(m ²)	(ano)	%	Total	Pessoas/m2	Unidade	(fração) ⁱ	(Adimensional/ano)
Gasolina	2,04	13	531	1,24E-06	99%	11	0,02072	1	0,0207	2,55E-08
								5	0,0041	5,09E-09
	1,46	17	908	1,24E-06	49%	11	0,01212	1	0,0121	7,37E-09
								5	0,0024	1,47E-09
	1,07	22	1.521	1,24E-06	1%	11	0,00723	1	0,0072	8,98E-11
								5	0,0014	1,80E-11



5.4.5 Riscos obtidos para o cálculo de Eventos decorrentes de provável movimento de massa

Tabela 140. Resultados da análise de risco individual e social decorrentes de possível movimento de massa sobre as pessoas, ocorrida na porção sul da ADA do empreendimento (região em contato com o rio Negro).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Produto	Movimento de Massa	Distância	Área	Frequência	Probabilidade de Morte	Número de Funcionários	Probabilidade de Pessoas Expostas/m2	Número de Pessoas Expostas	Probabilidade de Pessoas Expostas na Área	Probabilidade de Morte (5x6x10)
	-	(m)	(m ²)	(ano)	%	Total	Pessoas/m2	Unidade	(fração) ⁱ	(Adimensional/ano)
-	-	Na área afetada	10.371	1,06E-06	100%	185	0,01784	1	0,018	1,90E-08
	-							5	0,004	3,79E-09
	-	Fora da área afetada	10.371	1,06E-06	0%	185	0,01784	1	0,018	0,00E+00
	-							5	0,004	0,00E+00

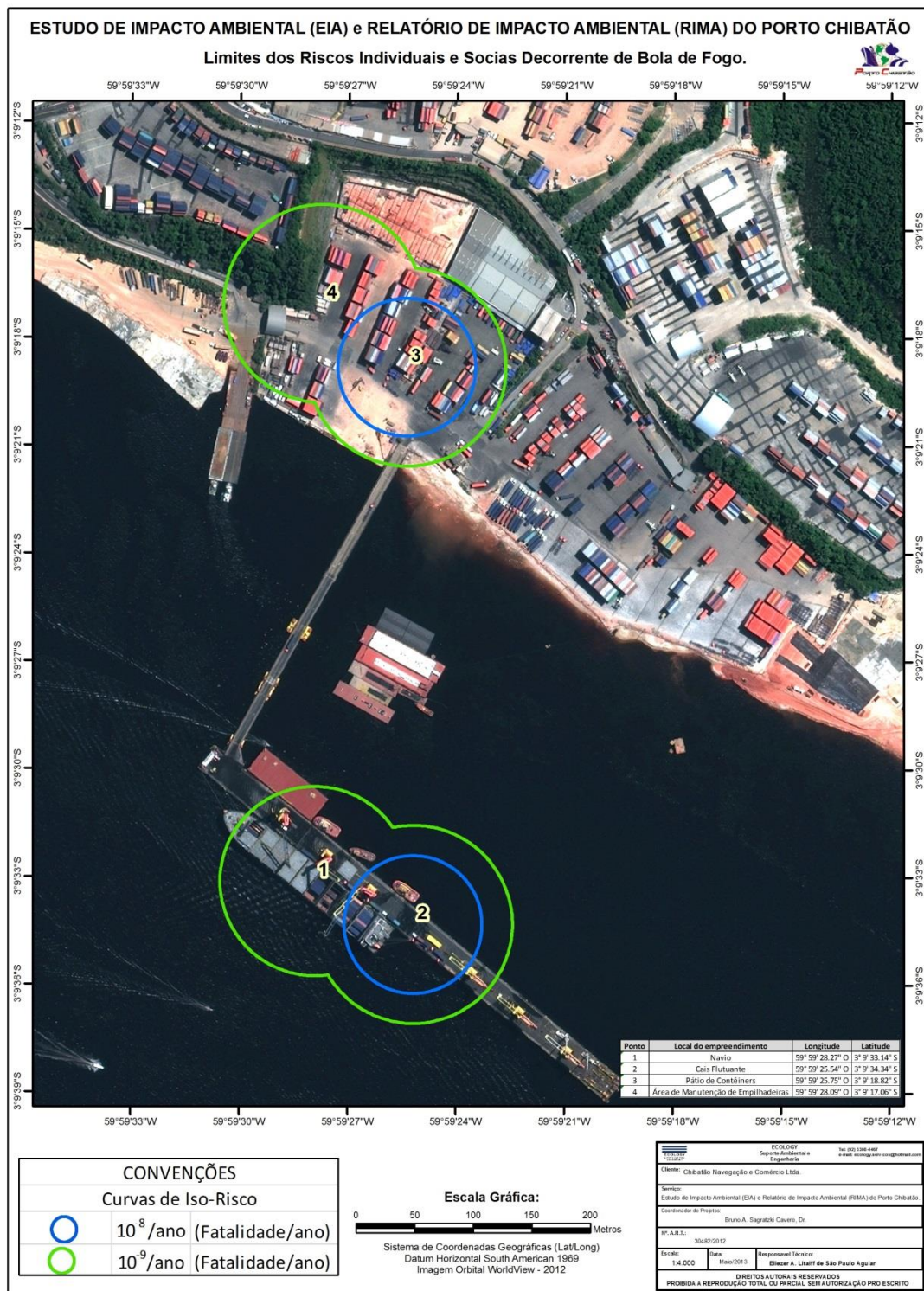


Figura 24. Projeção das curvas de iso-risco (frequência de ocorrência/ano – Incêndio com consequência de Bola de Fogo) para a fase de operação do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.



Figura 25. Projeção das curvas de iso-risco (frequência de ocorrência/ano – Incêndio em Poça) para a fase de operação do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.

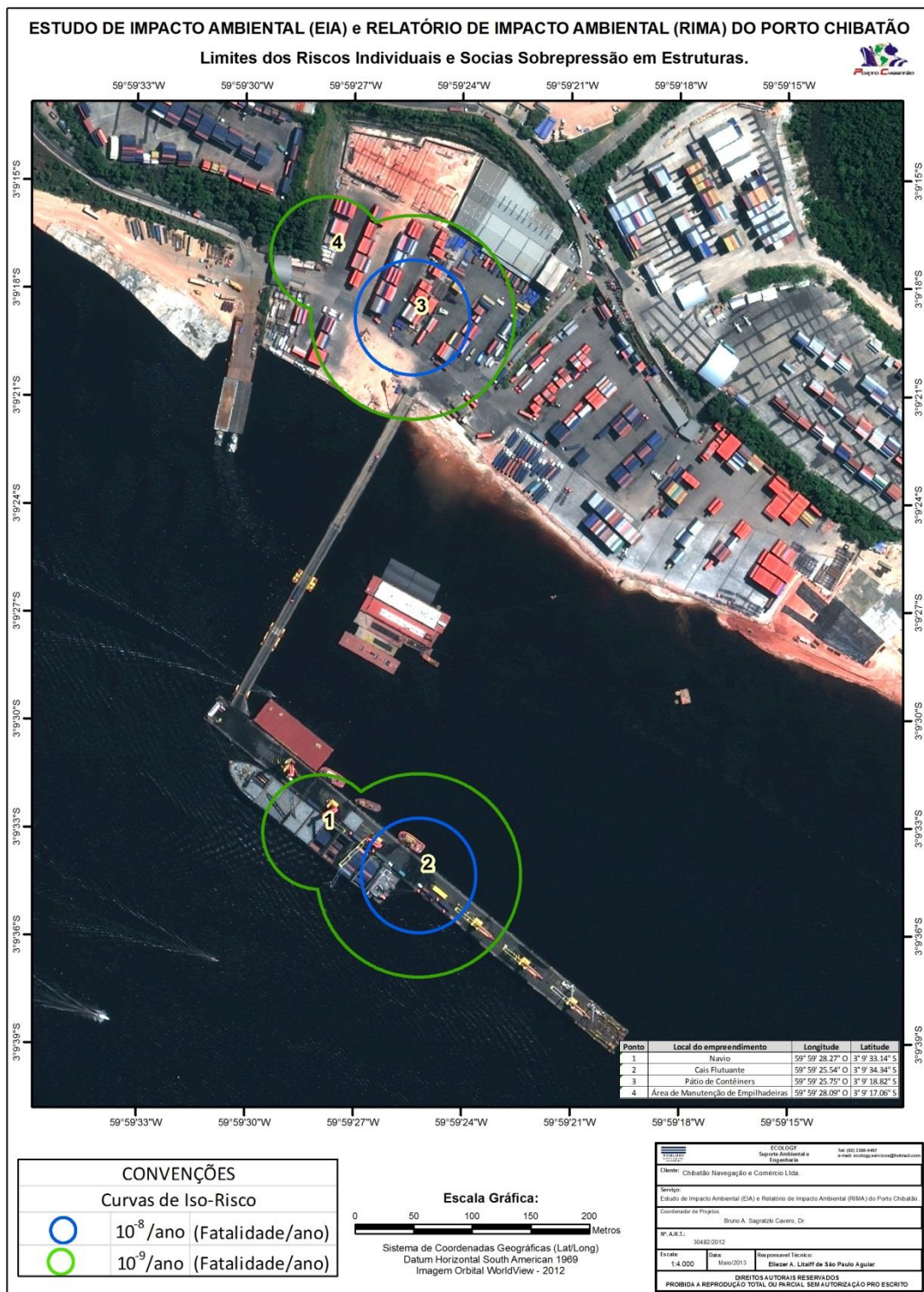


Figura 26. Projeção das curvas de iso-risco (frequência de ocorrência/ano – Sobrepressão sobre Estruturas – Pessoas Indoor) para a fase de operação do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.

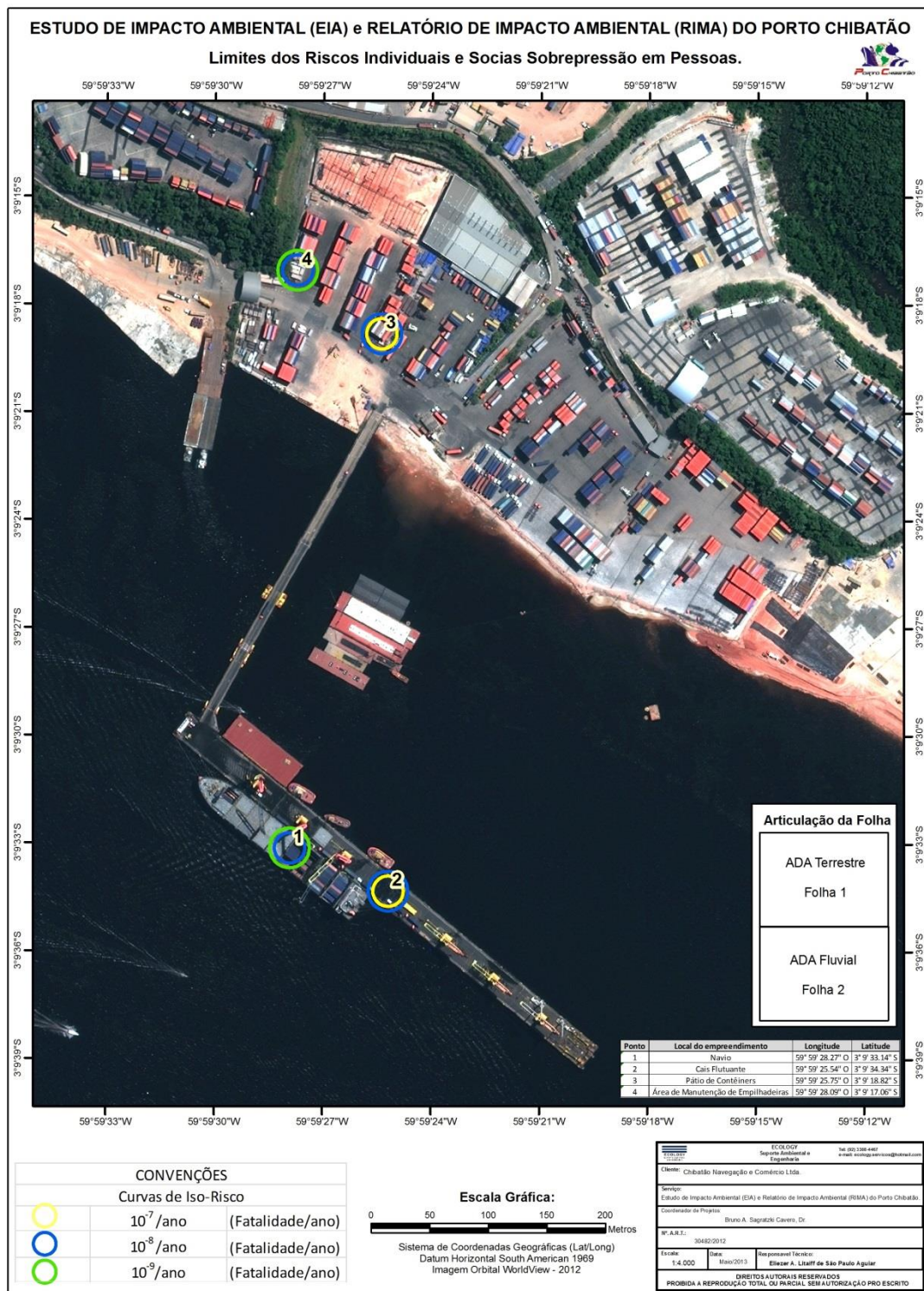


Figura 27. Visão geral da Projeção das curvas de iso-risco (frequência de ocorrência/ano – Sobrepressão sobre Pessoas - Indoor) para a fase de operação do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.

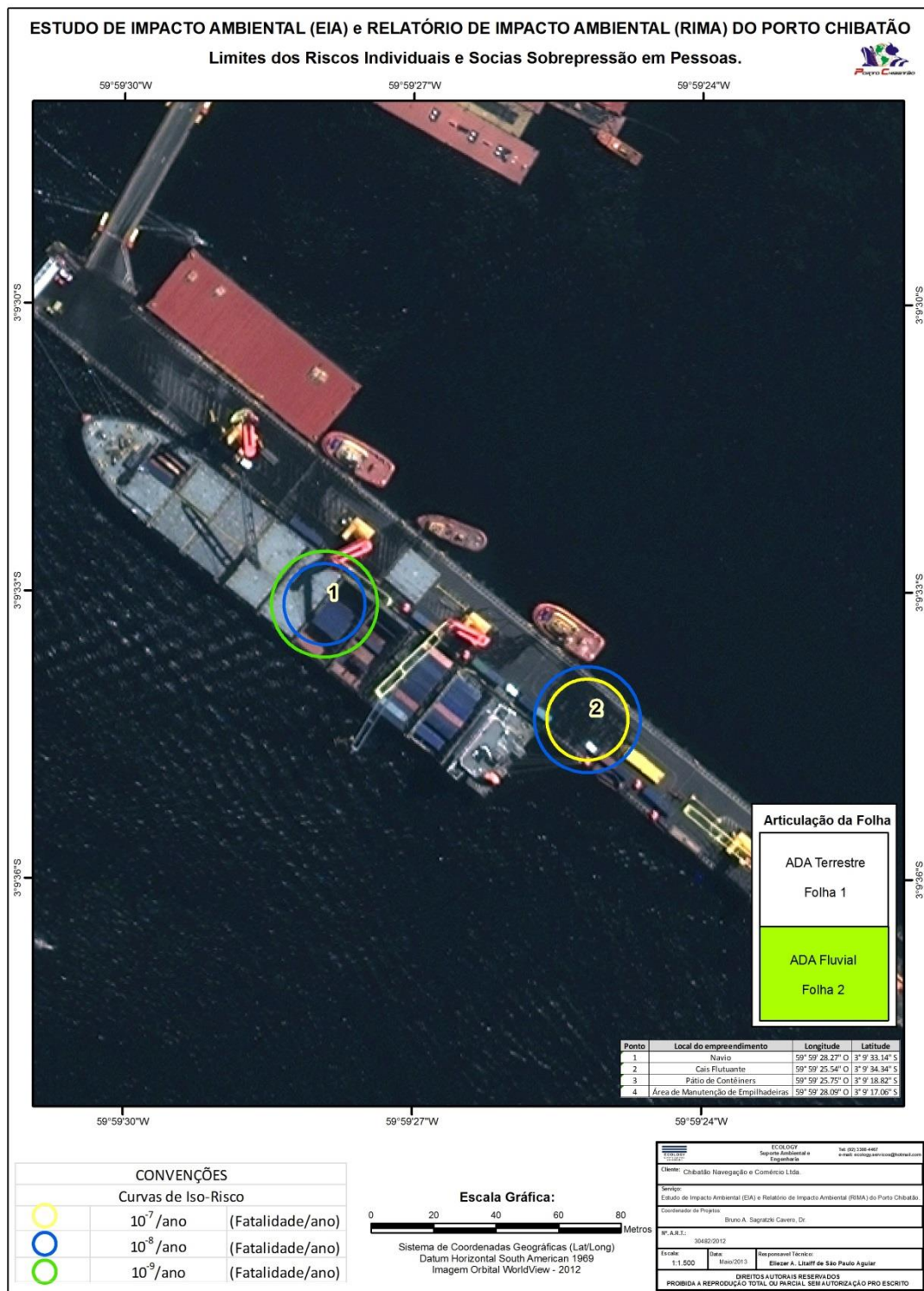


Figura 28. Projeção das curvas de iso-risco (frequência de ocorrência/ano – Sobrepressão sobre Pessoas – Outdoor/Setor do Navio e Cias Flutuante) para a fase de operação do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.

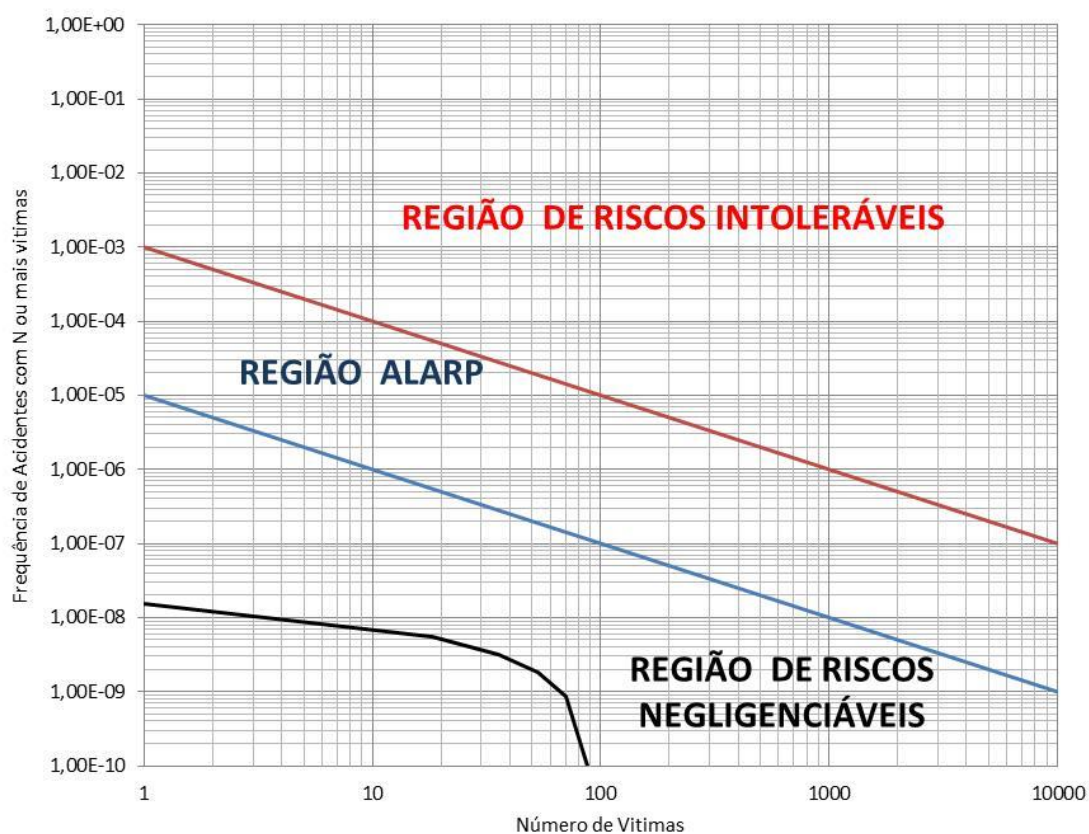


Figura 29. Projeção das curvas de iso-risco (frequência de ocorrência/ano – Sobrepressão sobre Pessoas – Outdoor/Setor do Pátio de Contêineres e Área de Manutenção de Empilhadeiras) para a fase de operação do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.), Manaus, AM.

5.5 Aceitabilidade dos Riscos

5.5.1 Riscos individuais

Os riscos individuais (RI) encontrados ao longo das análises dos EI's se apresentam dentro da faixa de insignificância (Figura 30).



888

Figura 30. Distribuição espaço-temporal dos riscos individuais gerados a partir dos Eventos Iniciadores de Acidentes.

5.5.2 Riscos sociais

Os riscos sociais (RS) encontrados ao longo das análises dos EI's se apresentam dentro da faixa de insignificância (Figura 31).

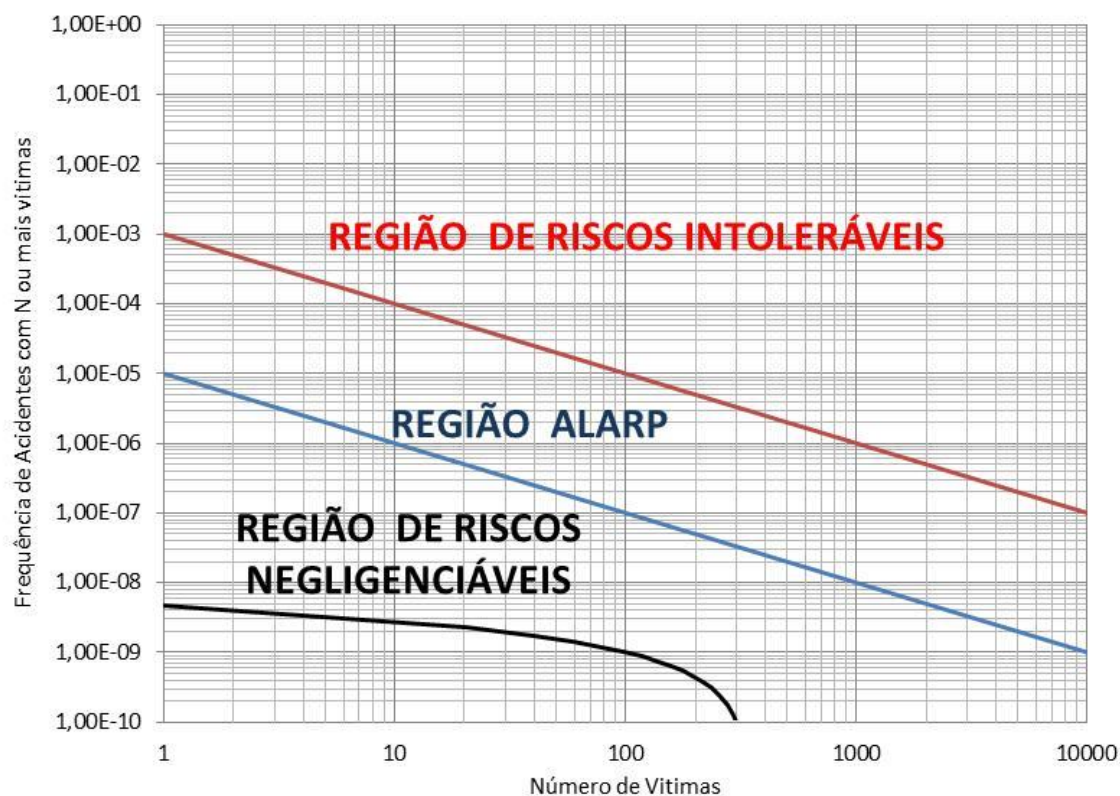


Figura 31. Distribuição espaço-temporal dos riscos sociais gerados a partir dos Eventos Iniciadores de Acidentes.

889

De acordo com os resultados das análises e da distribuição espacial dos riscos encontrados para a fase de operação do Porto Chibatão (Chibatão Navegação e Comércio Ltda.) constatamos a plena aceitabilidade dos riscos.

5.5.3 Comparações

Tabela 141. Frequência de mortes por tipo de Industria na Grã-Bretanha

INDÚSTRIA	Frequência de Morte na Industria (Ocorrência/Ano)
Química	3,60E-04
Siderurgia	3,50E-04
Mineração	7,01E-04
Construção Civil	5,87E-04

Fonte: Lees (1996)



Tabela 142. Riscos típicos de acidentes.

TIPO DE ACIDENTE	Frequência de Morte na Indústria (Ocorrência/Ano)
Automobilístico	3,00E-04
Queda Geral	9,00E-05
Fogo e Queimaduras	4,00E-05
Envenenamento	5,87E-04
Armas de Fogo	1,00E-05
Transporte Aéreo	9,00E-06
Choque Elétrico	6,00E-06
Raio	5,00E-07
Outros Acidentes	4,00E-05

Fonte: Henley e Kumamoto (1981)

As comparações acima permitem graus de liberdade suficientes para demonstrar que o método de análise realizado neste trabalho foi satisfatório.

5.6 Considerações finais

Os riscos estimados para a fase de operação do Porto Chibatão são aceitáveis. Entretanto devem ser executados os programas de monitoramento e de mitigação de impactos sugeridos no EIA/RIMA (item Avaliação dos Impactos Ambientais e Programas de Monitoramento):

5.6.1 Medidas mitigadoras de riscos

Descrição do cenário do risco: Não existem cenários com riscos fora dos critérios de aceitabilidade. Entretanto, para a finalidade de composição das medidas de mitigação foram considerados os seguintes eventos:

- Monitorar as áreas/setores/processos que apresentaram riscos de ocorrência equivalentes a 1,0E-08/ANO.

Quanto às medidas preventivas e mitigadoras, no que concerne aos equipamentos de prevenção e combate a incêndio, no pátio de contêineres são constituídos por rede de hidrantes com abrigo para mangueiras, ponto de extintores de pó químico, carreta de espuma, e extintores portáteis,



No caso do cais flutuante, onde não existem sistemas elétricos de importância, possuem rede de hidrantes com acionamento por módulo independente. Ainda estão instalados ponto de extintores de pó químico, carreta de espuma, e extintores portáteis.

As medidas a serem tomadas estão diretamente relacionadas a situações de preventivas e de operações quotidianas como:

- Formar uma equipe de pessoas organizadas, voluntárias ou não, treinadas e capacitadas tecnicamente, para atuar na prevenção, abandono de edificação, primeiros socorros e no combate a princípios de incêndio em local preestabelecido;
- Estabelecer o Plano de intervenção de incêndio em função dos riscos da empresa, para definir a melhor utilização dos recursos materiais e humanos em situação de emergência.
- Realização de exercícios parciais e completos no estabelecimento ou local de trabalho com a participação de toda a população, no período Máximo de 03 (três) meses para simulados parciais e 06 (seis) meses para simulados completos. Imediatamente após o simulado, deve ser realizada uma reunião extraordinária para avaliação e correção das falhas ocorridas. Deve ser elaborada ata na qual conste:
 - a. Data e horário do evento;
 - b. Tempo gasto no abandono;
 - c. Tempo gasto no retorno;
 - d. Tempo gasto no atendimento de primeiros socorros;
 - e. Atuação dos profissionais envolvidos;
 - f. Comportamento da população;
 - g. Participação do Corpo de Bombeiros e o tempo gasto para sua chegada;
 - h. Ajuda externa (PAM - plano de auxílio mútuo);
 - i. Falhas de equipamentos;
 - j. Falhas operacionais;
 - k. Demais problemas levantados na reunião.
- Adotar o uso obrigatório de Equipamento de Proteção Individual (EPI) de acordo com os critérios de perigo de setor das instalações;
- Atualização do Plano de Atendimento a Emergência – PAE;
- Atualização do Plano de Combate a Incêndio - PCI;



-
- Atualização do PEI (Plano de Emergência Individual);
 - Realizar treinamentos de segurança e primeiros socorros para toda a população envolvida com a operação da base;
 - Realizar palestras de integração a visitantes, terceirizados, colaboradores e outros membros da sociedade, sobre as normas de acesso, segurança e meio ambiente, que estejam realizando atividades e/ou prestando serviços nas instalações do Porto Chibatão;
 - Estabelecer um plano de manutenção preventiva e de revisão das instalações, principalmente das áreas com maior potencial de risco;
 - Conscientizar a população Porto Chibatão sobre as aplicações e uso das normas de segurança da empresa, através de palestras, panfletos, campanhas, placas de identificação, treinamentos e de outros mecanismos pedagógicos.