



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
SECRETARIA ESPECIAL DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA**

Curso de Especialização em Gestão Hídrica e Ambiental

**ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE EMERGÊNCIA INDIVIDUAL PARA
PROTEÇÃO AMBIENTAL – ESTUDO DE CASO DE UM
EMPREENHIMENTO MINERAL NA AMAZÔNIA**

CÍCERO VIANA NETO

ORIENTADOR: PROF. DR. MILTON ANTONIO DA SILVA MATTA

**Porto Trombetas / PA
Abril / 2010**

FOLHA DE APROVAÇÃO

ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE EMERGÊNCIA INDIVIDUAL PARA PROTEÇÃO AMBIENTAL – ESTUDO DE CASO DE UM EMPREENHIMENTO MINERAL NA AMAZÔNIA

Monografia apresentada como parte dos pré-requisitos para a obtenção do título de Especialista em Planejamento em Gestão Ambiental, da Universidade Federal do Pará,

Banca examinadora

Prof. Dr. Milton Antonio da Silva Matta – Orientador

Prof. Dra. Rosemery da Silva Nascimento

Prof. Dr. Francisco de Assis Oliveira

Porto Trombetas / PA

2010

DEDICATÓRIA

A minha esposa pelo incondicional apoio e amor, e pelo nosso segundo filho que nasce no ano em que concluímos este importante curso.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram com nosso desenvolvimento pessoal e profissional.

"As dificuldades valorizam nossos esforços".

Anônimo

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meus agradecimentos.

À Mineração Rio do Norte, pela oportunidade e incentivo.

A minha filha Gabriela, que com seus dois anos me enche de alegria .

As Empresas Hicroclean e ASA através da equipes multidisciplinares que interagiu conosco quando na elaboração do Plano de Emergência individual.

Ao Senhor Nilo Filho Santos Cavalcante , gerente de operações portuárias da MRN pelo seu apoio.

Agradeço ao Senhor Ademar Cavalcanti pelo sempre oportuno apoio.

Não posso deixar de agradecer o engenheiro ambiental Aires Henrique de Matos , pelas inúmeras dicas e ensinamentos.

Agradeço aos professores doutores Itabaraci Nazareno Cavalcanti ,Francisco de Assis Matos de Abreu ,Milton Antônio da Silva Matta e Marcelo Cohen pelo apoio e dedicação na realização deste trabalho.

RESUMO

O desenvolvimento da economia pressupõe uma alta utilização de derivados de petróleo, sobretudo em uma região com a matriz energética com alta utilização de energia elétrica de usinas termoeletricas. Durante este curso aprendemos como a sociedade se vale de leis com o objetivo de conservar o meio ambiente para as gerações futuras. A legislação ambiental brasileira exige dos empreendimentos a elaboração de um plano de emergência, principalmente os empreendimentos que operam portos. A elaboração deste tipo de plano pressupõe uma análise de riscos e um estudo ambiental completo da região do empreendimento, por outro lado na região norte os derivados de petróleo vão se inserindo de forma definitiva na vida cotidiana de municípios localizados nos mais delicados ecossistemas, onde ainda não existe nenhum estudo para determinação das áreas sensíveis e como consequência não existem recursos e meios para defesa ambiental. O objetivo deste trabalho é apresentar a forma mediante a qual um empreendimento que opera um porto na Amazônia atende na forma da lei às exigências da resolução CONAMA 398/2008, não só na elaboração do plano de emergência individual, mas como na implementação de medidas preventivas de controle ambiental para manuseio de hidrocarbonetos.

ABSTRACT

The development of the economy requires a high usage of oil, especially in a region with the energy matrix with high use of electricity from power plants.

During this course we learn how the company relies on laws with the aim of conserving the environment for generations futuras. A Brazilian environmental legislation requires the enterprises to draw up a contingency plan, especially the enterprises that operate ports. The preparation of such plan requires a risk analysis and a full environmental study of the development of the region, on the other side in the northern oil derivatives will be entering the final form in daily life in cities located in the most delicate ecosystems, where they do not There is no study to determine the sensitive areas and as a consequence there is ways and means for environmental protection.

The aim of this paper is to present the way in which an enterprise that operates a port in the Amazon to the law meets the requirements of Resolution CONAMA 398/2008, not only in developing the contingency plan individual, but as the implementation of measures preventive environmental control for handling hydrocarbons.

]

SUMARIO

1 – Introdução	12
2 – OBJETIVOS	12
3 – LOCALIZAÇÃO E ACESSO.....	12
4 – ASPECTOS GERAIS DO EMPREENDIMENTO.....	14
5 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	18
5.1 Ecossistema:.....	18
5.2 Risco	18
5.3 Análise de Risco.....	18
5.4 Medida Mitigadora.....	19
5.5 Vulnerabilidade.....	20
5.6 Análise de Vulnerabilidade.....	20
5.6 Carta de sensibilidade ao óleo	21
6 – METODOLOGIA DE TRABALHO	22
7 - IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS RISCOS	24
7.1- Identificação dos riscos por fonte.....	25
7.2 Hipóteses acidentais	25
7.3 Descarga de pior caso	25
8. ANÁLISE DE VULNERABILIDADE AMBIENTAL.....	27
9 - ESPÉCIES VULNERÁVEIS	28
9.1 Peixes	28
9.2 Herpetofauna (anfíbios e répteis).....	29
9.3 Mamíferos	30
9.4 Avifauna	30
9.5 Vegetação	31
10 - UNIDADES DE CONSERVAÇÃO	31
10.1 Rio Trombetas	33
10.2 Igarapés adjacentes ao rio Trombetas	34
10.3 Presença de concentrações urbanas	35
10.4 Áreas de Importância Socioeconômica	35
10.5 Rotas de Transporte Aquaviário	36
10.6 Ventos	36
11 – MODELAGEM MATEMÁTICA.....	47
11.1 – Área de estudo.....	61
11.2 – Modelagem Hidrodinâmica - Modelo Orthohydro	65
11.3 – Modelagem de derrame de óleo.....	69
12 – DISCUSSÕES.....	82
13– CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	93
14-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95
ABSTRACT	vi
AGRADECIMENTOS	iv
ANEXO I CADASTRO DE POTENCIAIS FONTES POLUIDORAS.....	99
ANEXO II – HIPOTHESES ACIDENTAIS.....	106
Lista das Figuras.....	viii
Lista das tabelas	ix
RESUMO	v

Lista das Figuras

Figura 1-Localização de Porto Trombetas em Relação à Sede Municipal de Oriximiná e no Contexto Estadual e Nacional.....	13
Figura 2 – Seqüência Operacional da MRN.....	15
Figura 3 - Reservatórios de Combustível da MRN.....	16
Figura 4 – Vista aérea do Núcleo Urbano do Porto de Trombetas.....	17
Figura 5 - Tabela para avaliação dos eventos	24
Figura 6 - Vista aérea do trecho alagado do igarapé Saracá	34
Figura 7 -Localização e cobertura dos dados de ventos NCEP (quadrícula vermelha) .	38
Figura 8 -Diagrama stick plot de dados de vento (NCEP) para o período de 1o de janeiro a 31 de dezembro de 2005, com intervalo de amostragem $dt=6h$ (convenção vetorial).	39
Figura 9 - Histograma direcional dos vetores de vento (NCEP) para o período de cheia (01/04 a 30/06 de 2005), com intervalo de amostragem de 6h.	40
Figura 10- Histograma direcional dos vetores de vento (NCEP) para o período de seca (01/10 a 31/12 de 2005) (b), com intervalo de amostragem de 6h.	40
Figura 11 - -Diagrama stick plot de dados de vento local coletado no porto para o período de 1o de janeiro a 31 de dezembro de 2005, com intervalo de amostragem $dt=20min$ (convenção vetorial).....	42
Figura 12 -Histograma direcional dos vetores de vento local coletado no porto para o período de cheia (01/04 a 30/06 de 2005), com intervalo de amostragem de 20min.	43
Figura 13 -Histograma direcional dos vetores de vento local coletado no porto para o período de seca (01/10 a 31/12 de 2005), com intervalo de amostragem de 20min.	44
Figura 18- Localização da área de estudo e dos pontos de risco	61
Figura 19 - Localização das estações de dados pretéritos.	62
Figura 20 -Precipitação média mensal na região do Rio Trombetas.....	63
Figura 21 - Média mensal climática da vazão para a Estação Caramujo no Rio Trombetas.	64
Figura 22-Média mensal climática da cota para a Estação Caramujo no Rio Trombetas.	64
Figura 23 - Projeção da batimetria na grade computacional do modelo hidrodinâmico, com foco na região de estudo.....	67
Figura 24- Campo de vetores na região de Porto Trombetas na cheia.....	68
Figura 25 - Campo de vetores na região de Porto Trombetas na seca.....	68
Figura 26 -Carta de sensibilidade ambiental ao óleo I	75
Figura 30 -Cenário TR_P3_BPF_SC_2200_72H. Contornos de probabilidade de óleo BPF na água para um acidente ocorrendo no ponto de risco P3 durante o período de seca (outubro a dezembro), com derrame de 2.200 m ³ (ao longo de 6 horas), após 72 horas de simulação.	76
Figura 31 -Cenário TR_P3_BPF_SC_2200_72H. Probabilidades de toque de óleo BPF nas margens para um acidente ocorrendo no ponto de risco P3 durante o período de seca (outubro a dezembro), com derrame de 2.200 m ³ (ao longo de 6 horas), após 72 horas de simulação.	77

Figura 32-Cenário Cenário TR_P3_BPF_SC_2200_72H . Contornos de tempo de deslocamento do óleo BPF na água para um acidente ocorrendo no ponto de risco P3 durante o período de seca (outubro a dezembro), com derrame de 2.200 m ³ (ao longo de 6 horas), após 72 horas de simulação.	78
Figura 33- Cenário DET_TR_P3_BPF_SC_2200_72H . Cenário DET_TR_P3_BPF_SC_2200_72H . Contornos da evolução temporal da mancha de óleo BPF na água para um acidente ocorrendo no ponto de risco P3 para o cenário determinístico crítico de derrame de 2.200 m ³ (ao longo de 6 horas), durante o período de seca (outubro a dezembro), até 72 horas após o início da simulação. ...	79
Figura 34 -Cenário DET_TR_P3_BPF_CH_2200_72H . Contornos da evolução temporal da mancha de óleo BPF na água para um acidente ocorrendo no ponto de risco P3 para o cenário determinístico crítico de derrame de 2.200 m ³ (ao longo de 6 horas), durante o a cheia.	80
Figura 36 -Relação Simplificada de aspectos e Impactos indicando o potencial de contaminação de hidrocarbonetos.	81
Figura 37- Treinamento dos Empregados na Resolução CONAMA 398 e em procedimentos de defesa ambiental.	82
Figura 38- Detalhe de um lacre feito no separador de água e óleo de um navio graneleiro no porto da MRN.	82
Figura 39 -Detalhe do Lacre.	83
Figura 40- Barreira de contenção na popa onde estão instaladas a casa de máquina e os principais tanques.	83
Figura 41-Barreira de contenção instalada em navio graneleiro.	84
Figura 42-Detalhe da balsa Barix com a barreira de contenção.	84
Figura 43 -Bombas SPATE , em amarelo específicas para remover óleo de corpos hídricos.	85
Figura 44 -Recolhedor Mecânico para remoção de hidrocarbonetos de corpos hídricos.	85
Figura 45 -Recolhedor tipo Vortex - acoplado às bombas SPATE remove hidrocarbonetos de corpos hídricos.	85
Figura 46-Barreiras de contenção - dimensionadas para igarapés.	85
Figura 47 -Manta de absorção utilizada para remoção de hidrocarbonetos de corpos hídricos.	86
Figura 48 -Tanque com área de contenção dimensionada para toda sua capacidade e impermeabilizada.	87
Figura 49 -Típico Igarapé amazônico – Igarapé do Saracá.	87
Figura 50 -População Ribeirina – Boa Vista.	88
Figura 51 -Foto de satélite da Cidade de Santarém retirada do Google Earth.	88
Figura 52- Balsa de abastecimento no meio do rio , em frente à cidade de Oriximiná.	89
Figura 53- Porto de Oriximiná.	89
Figura 54 -Posto Fluvial de Terra Santa com capacidade de 45.000 litros de combustível,com casco simples em frente a outra cidade paraense.	89
Figura 55 -Operação comum de transferência de combustível para embarcação,em Terra Santa.	90
Figura 56 -Imagem de Satélite da Baía de Guanabara após vazamento da refinaria de manguinhos,imagem da Petrobras.	91

Lista das tabelas

Tabela 1- Características e volume dos óleos considerados para os cenários de pior caso.....	26
Tabela 2-Tabela 2 -Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção (°) do vento (NCEP), no período de 1o de abril a 30 de junho de 2005, com intervalo de amostragem dt=6h (convenção meteorológica).....	41
Tabela 3-Freqüência de ocorrência conjunta entre intensidade e direção dos ventos para o período de seca (outubro, novembro e dezembro).....	42
Tabela 4-Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção (°)dos ventos locais (porto), no período de 1o de abril a 30 de junho de 2005, com intervalo de amostragem dt=20min (convenção meteorológica)	45
Tabela 6-Apresenta a freqüência de ocorrência conjunta entre intensidade e direção dos ventos para o período de seca (outubro, novembro e dezembro).....	46
Tabela 7-Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção (°) do vento local (mina), no período de 1o de outubro a 31 de dezembro de 2005, com intervalo de amostragem dt=1h (convenção meteorológica)	46
Tabela 8-Estações da ANA que forneceram dados ao estudo.	62
Tabela 9 – características da estação Caramujo.....	63
Tabela 10– Cenários Probabilísticos	72
Tabela 11 Características destes cenários.....	72
Tabela 12 - Cálculo do CEDRO Requerido para os três tipos de descarga na MRN.....	86
Tabela 13-Tanques terrestres de armazenamento de derivados de petróleo, equipamentos de processo e veículos presentes nas instalações da MRN.....	98
Tabela 14 – Tanques terrestres de armazenamento de derivados de petróleo, equipamentos de processo e veículos presentes nas instalações da MRN.....	99
Tabela 15 Tabela 2.1 – Tanques terrestres de armazenamento de derivados de petróleo, equipamentos de processo e veículos presentes nas instalações da MRN.....	100
Tabela 16-Dutos de transferência de produtos nas instalações da MRN.	100
Tabela 17-Dutos de transferência de produtos nas instalações da MRN.	101
Tabela 18-Tipos de operação	101
Tabela 19- Tipos de operação	102
Tabela 20- Operações de carga e descarga realizadas nas instalações da MRN.	102
Tabela 21-Operações de carga e descarga realizadas nas instalações da MRN.	103
Tabela 22 Hipóteses acidentais para situações de vazamento de hidrocarbonetos derivados do petróleo nas instalações da MRN.Cenários 1, 2 e 3.....	104
Tabela 23 Hipóteses acidentais para situações de vazamento de hidrocarbonetos derivados do petróleo nas instalações da MRN.Cenários 4, 5 e 6.....	104
Tabela 24 Hipóteses acidentais para situações de vazamento de hidrocarbonetos derivados do petróleo nas instalações da MRN.Cenários 7,8,9 e 10.....	105
Tabela 25 Hipóteses acidentais para situações de vazamento de hidrocarbonetos derivados do petróleo nas instalações da MRN.Cenários 11,12,13 e 14.....	106
Tabela 26 Hipóteses acidentais para situações de vazamento de hidrocarbonetos derivados do petróleo nas instalações da MRN.Cenários 15,16,17 e 18.....	107
Tabela 27 Hipóteses acidentais para situações de vazamento de hidrocarbonetos derivados do petróleo nas instalações da MRN.Cenários 19,20,21 e 22.....	108
Tabela 28 Hipóteses acidentais para situações de vazamento de hidrocarbonetos derivados do petróleo nas instalações da MRN.Cenários 23,24,25 e 26.....	109
Tabela 29 Hipóteses acidentais para situações de vazamento de hidrocarbonetos derivados do petróleo nas instalações da MRN.Cenários 27,28,29 e 30.....	110
Tabela 30 Hipóteses acidentais para situações de vazamento de hidrocarbonetos derivados do petróleo nas instalações da MRN.Cenários 31,32 e 33.....	112
Tabela 31 Hipóteses acidentais para situações de vazamento de hidrocarbonetos derivados do petróleo nas instalações da MRN.Cenários 34,35 e 36.....	113

Tabela 32 Hipóteses acidentais para situações de vazamento de hidrocarbonetos derivados do petróleo nas instalações da MRN.Cenários 37,38,39 e 40.....	114
Tabela 33 Hipóteses acidentais para situações de vazamento de hidrocarbonetos derivados do petróleo nas instalações da MRN.Cenários 41,42,43,44.....	115
Tabela 34 Hipóteses acidentais para situações de vazamento de hidrocarbonetos derivados do petróleo nas instalações da MRN.Cenários 45,46 e 47.....	116
Tabela 35 Hipóteses acidentais para situações de vazamento de hidrocarbonetos derivados do petróleo nas instalações da MRN.Cenários 48,49,50 e 51.....	117
Tabela 36 Hipóteses acidentais para situações de vazamento de hidrocarbonetos derivados do petróleo nas instalações da MRN.Cenários 52,53,54 e 55.....	118
Tabela 37 Hipóteses acidentais para situações de vazamento de hidrocarbonetos derivados do petróleo nas instalações da MRN.Cenários 56,57,58 e 59.....	119
Tabela 38 Hipóteses acidentais para situações de vazamento de hidrocarbonetos derivados do petróleo nas instalações da MRN.Cenários 60,61,62 e 63.....	120
Tabela 39 Hipóteses acidentais para situações de vazamento de hidrocarbonetos derivados do petróleo nas instalações da MRN.Cenários 64,65,65e67.....	121
Tabela 40 Hipóteses acidentais para situações de vazamento de hidrocarbonetos derivados do petróleo nas instalações da MRN.Cenários 68,69,70e71.....	122
Tabela 41Hipóteses acidentais para situações de vazamento de hidrocarbonetos derivados do petróleo nas instalações da MRN.Cenários 71 e 73.....	123

1 – INTRODUÇÃO

A economia brasileira tem crescido de forma significativa ao longo dos últimos 8 anos, o que difunde cada vez mais a utilização de combustíveis fósseis em todos os ramos da economia.

A região norte vive um momento de crescimento econômico, com sua matriz energética fortemente dependente das usinas termelétricas cada vez mais temos aumento de circulação de derivados de petróleo nos ambientes mais sensíveis.

A sociedade através da legislação ambiental vem exigindo medidas de defesa ambiental dos empreendimentos, sobretudo no processo de licenciamento. Um dos principais diplomas legais ambientais neste sentido é a resolução CONAMA 398/2008.

Para se atender esta resolução é necessário a elaboração de um plano de emergência individual, que a partir de um processo de análise de riscos, e um amplo inventário ambiental da área do empreendimento específica como uma empresa deve se preparar para tratar eventuais incidentes ambientais.

Esta análise determinou os cenários onde podem ocorrer situações emergenciais com um nível adequado de informações para se especificar tecnologias de proteção ambiental e procedimentos pró-ativos para se evitar acidentes ambientais.

2 – OBJETIVOS

Em função da grande utilização de combustíveis de petróleo e derivados no empreendimento é necessária uma série de rotinas para se evitar acidentes. O objetivo deste trabalho é apresentar as etapas necessárias para se elaborar o Plano de Emergência Individual-PEI para um empreendimento que opera um porto, ou seja a partir do resultado de uma análise criteriosa de riscos deveremos ter rotinas, pessoal treinado e equipamentos para se tratar com a questão do óleo.

3 – LOCALIZAÇÃO E ACESSO.

Este estudo é focado na áreas do empreendimento da Mineração Rio do Norte S.A. que encontram-se localizadas em Porto Trombetas, Município de Oriximiná, na porção oeste do Estado do Pará, Brasil. Porto Trombetas está situado na margem direita do rio Trombetas, um dos principais afluentes do rio Amazonas, distando 120 Km dessa

confluência. Em linha reta, a localidade está a 400 Km de Manaus (a leste), 800 Km de Belém (a oeste) e 240 Km de Santarém (a norte), como mostra a figura 1..

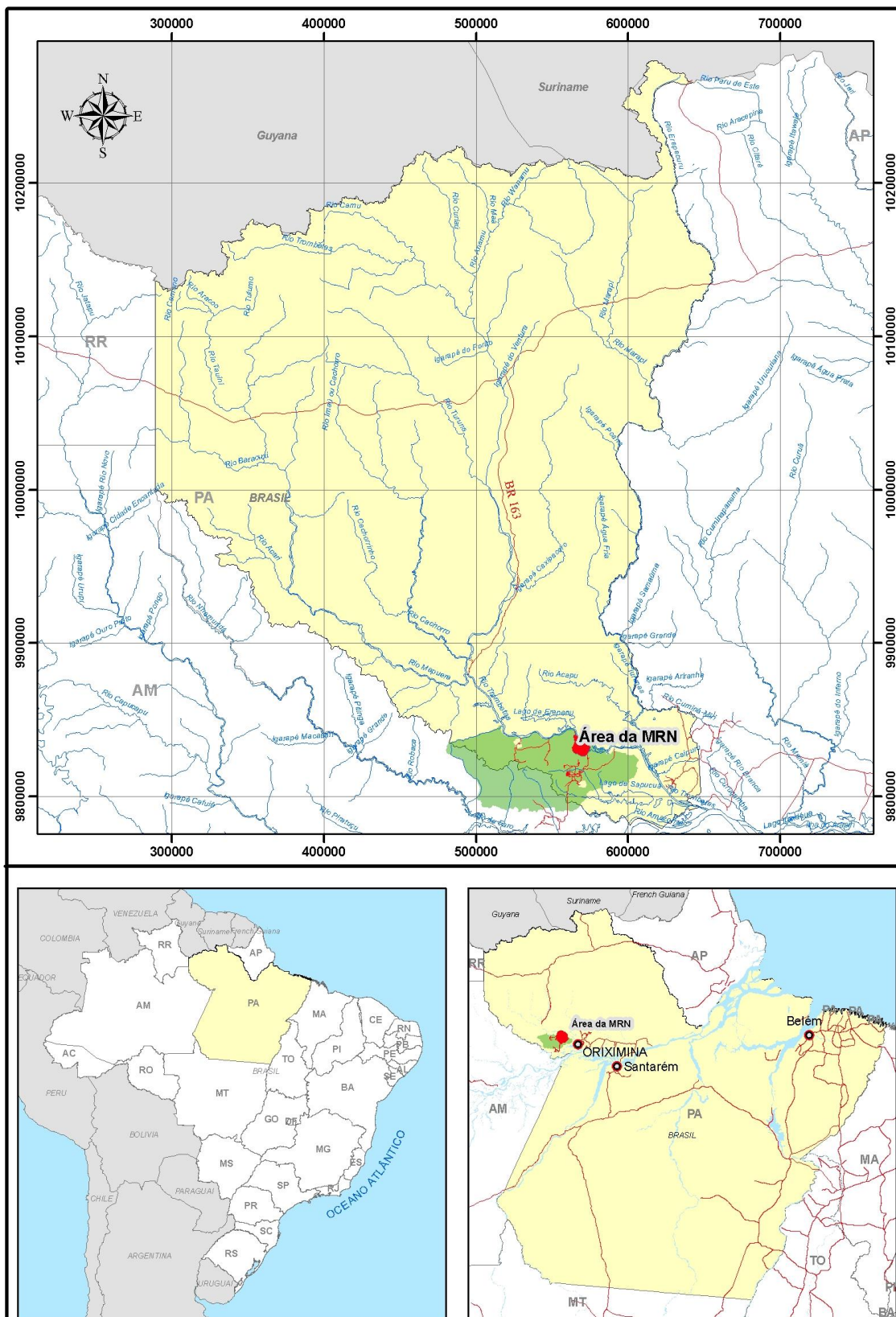


Figura 1-Localização de Porto Trombetas em Relação à Sede Municipal de Oriximiná e no Contexto Estadual e Nacional.

4 – ASPECTOS GERAIS DO EMPREENDIMENTO

As operações da MRN realizadas no Porto Trombetas consistem basicamente na extração da bauxita, beneficiamento, transporte ferroviário, secagem e embarque de navios.

O minério é proveniente das minas Saracá, Almeidas e Avisos, a uma profundidade média de 8m, coberto por uma vegetação densa e uma camada estéril composta de solo orgânico, argila, bauxita nodular e laterita ferruginosa.

A operação completa de lavra é composta por seis etapas: desmatamento, decapeamento, escavação, carregamento, transporte e recuperação das áreas mineradas.

Após o desmatamento através da derrubada direta das árvores por tratores, as toras das madeiras nobres são aproveitadas comercialmente, e a galhada é soterrada nas áreas exploradas, ou incorporadas ao solo orgânico a ser utilizado na recuperação das áreas degradadas pela mineração.

Encerrado o ciclo de atividades de extração do minério lavrado, a bauxita é transportada diretamente para a planta de beneficiamento ou para a pilha de estocagem (pulmão) até o pátio de blendagem na área industrial. A bauxita extraída passa por um processo de decapeamento, que consiste em: redução granulométrica, transporte, lavagem e classificação.

O processo prossegue com as operações de escavação e carregamento do minério, que podem ser realizadas através de dois sistemas: o primeiro utiliza retroescavadeiras hidráulicas e o segundo combina a operação de um trator de esteira dotado de “ripper” que promove a escarificação e o empilhamento para a pá carregadeira fazer o carregamento em caminhões.

Após a escavação, o minério é transportado em caminhões específicos denominados “fora-de-estrada” até as instalações de britagem, onde é reduzido a uma granulometria de até três polegadas. Em seguida, ele segue através de correias transportadoras para as próximas etapas: as instalações de lavagem, cicloneamento e filtragem.

O rejeito de bauxita resultante do processo de beneficiamento (aproximadamente 27% de massa sólida) é depositado nos reservatórios construídos em áreas já mineradas, no platô Saracá, e o minério são transportados até o Porto por via ferroviária, ao longo de 28 km. Ao chegar ao Porto, o minério pode ter dois destinos antes de ser embarcado

em navios: alimentar os três fornos secadores (que utilizam óleo BPF (OC-1A) como combustível) ou seguir úmido para o pátio de estocagem. Essa alternativa de destino deve-se à bauxita poder ser comercializada tanto úmida quanto seca.

O material particulado gerado na secagem é coletado através de um conjunto de multiciclones, passando em seguida por um sistema de lavagem de gases. Já o minério retomado da estocagem é enviado para carregamento através de correias transportadoras até atingir o carregador de navios (ship-loader), que faz o carregamento propriamente dito nos navios atracados. A capacidade nominal de carregamento do ship-loader é de 6.000 t/h e o porto tem calado para receber navios com capacidade aproximada de 60 mil toneladas.

A seqüência operacional da MRN incluindo todo o processo em que a bauxita é submetida, desde a extração até o embarque de navios está descrita na figura 2.

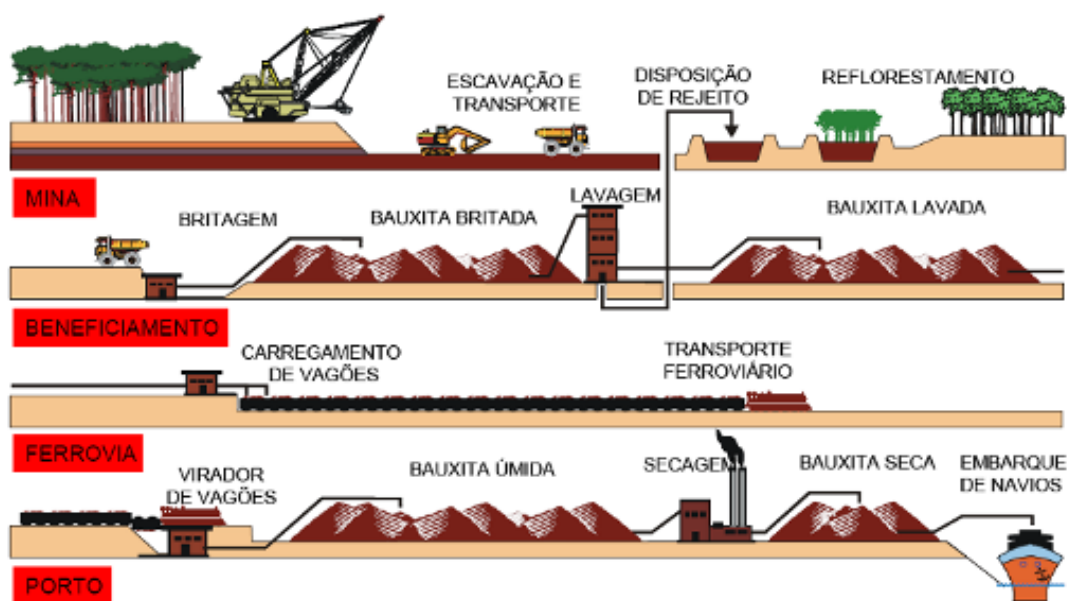


Figura 2 – Seqüência Operacional da MRN

Para manter o funcionamento da operação, a MRN possui um sistema de suprimento de combustível e diesel que obedece ao percurso demonstrado na Figura 3. Os produtos são recebidos no Terminal (Petrobrás-BR) e são transferidos através de dutos para a Usina Termoelétrica II (UG-II) e para área de Tancagem, de onde são distribuídos para quatro diferentes destinos: Ferrovia (tanque de combustível que alimenta a locomotiva); tanque que alimenta a Secagem; UTE (tanque de alimentação

de duas caldeiras flamotubulantes, mas que no momento não estão em operação) e para Usina Termoeletrica I (UG-I)..

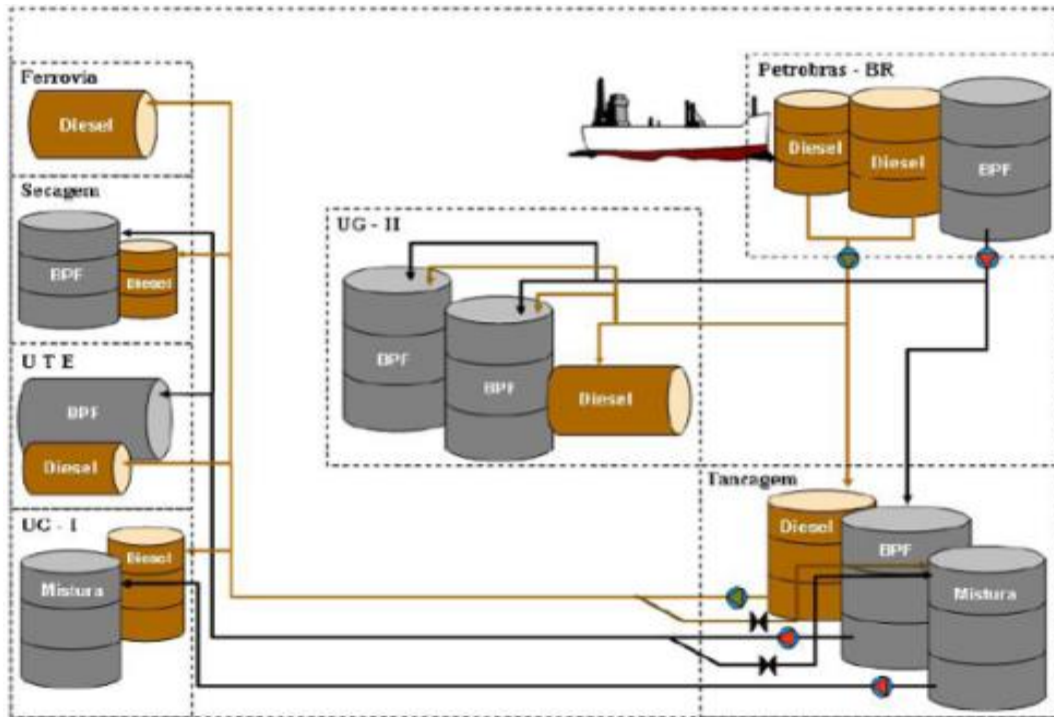


Figura 3 - Reservatórios de Combustível da MRN.

Além das suas atividades operacionais, a Mineração Rio do Norte implantou no Porto Trombetas um complexo com uma infra-estrutura de saneamento básico e social para acomodar seus empregados e familiares, o que totaliza seis mil habitantes (Figura 4). A infra-estrutura inclui uma usina de geração de energia, sistemas de suprimento de água potável e de tratamento de esgoto, escola até o ensino médio, hospital com serviços laboratoriais, clubes de lazer, cine-teatro, centro cultural, centro comercial, aeroporto e sistema de comunicação nacional e internacional.

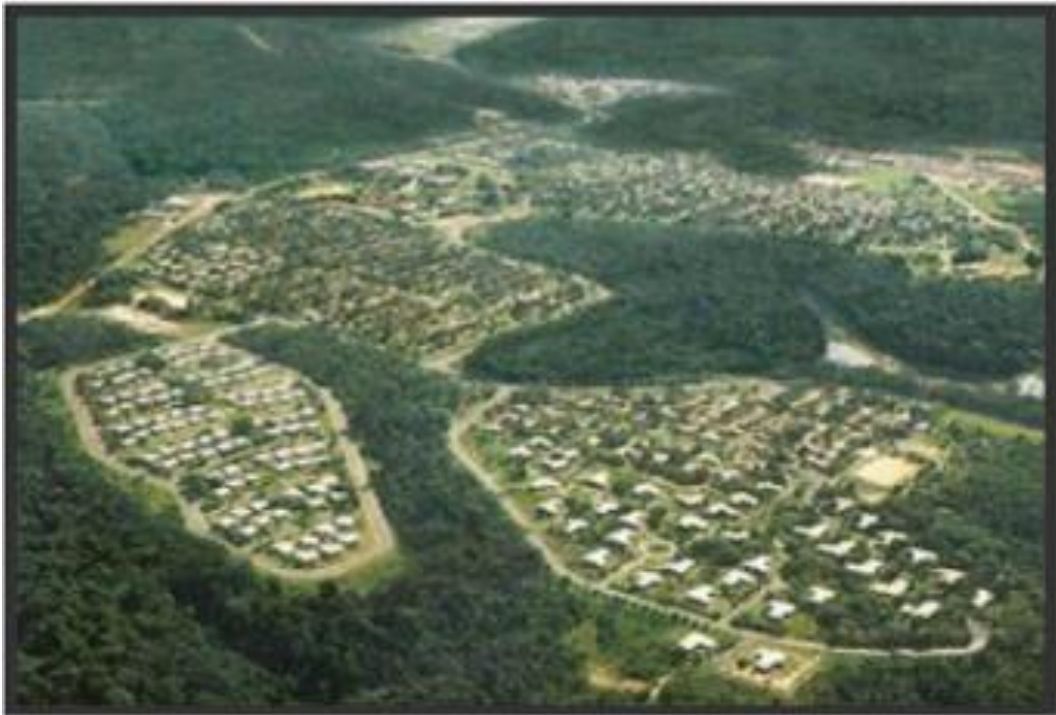


Figura 4 – Vista aérea do Núcleo Urbano do Porto de Trombetas

Os reservatórios construídos nas áreas lavradas, onde o rejeito de bauxita é depositado e adensado sem qualquer aditivo químico fazem parte de um sistema de tratamento de rejeito da MRN. Depois de cheios, os reservatórios são revegetados, a partir de hidrossemeadura com espécies nativas leguminosas.

O reflorestamento das áreas lavradas é feito totalmente com espécies nativas. A preparação do terreno é feita no período seco, que vai de julho a dezembro, e o plantio das mudas no período chuvoso, nos outros seis meses do ano. Cerca de 700 mil mudas são produzidas por ano no viveiro da MRN.

Antes do reflorestamento, as pilhas de estéril removidas para a lavra da bauxita são espalhadas por tratores. Em seguida, o solo orgânico estocado é usado para cobertura da nova superfície. O terreno é, então, escarificado por tratores e as mudas são plantadas manualmente. Já nas áreas de encostas e taludes é feita hidrossemeadura com gramíneas. Cerca de 700 mil mudas são produzidas por ano no viveiro da MRN. As sementes utilizadas para produção de mudas são adquiridas nas comunidades ribeirinhas. Por hectare, são plantadas aproximadamente 1.700 mudas, com uma média de 80 espécies plantadas por ano.

5 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para estudo trabalhamos com os seguintes conceitos.

5.1 Ecossistema:

Termo criado por Tansey em 1935. Sistema aberto que inclui, em uma certa área, todos os fatores físico e biológicos (elementos bióticos e abióticos) do ambiente e suas interações, o que resulta em uma diversidade biótica com estrutura trófica claramente definida e na troca de energia e matéria entre esses fatores.

“Os vegetais, animais e microorganismo que vivem numa região e constituem uma comunidade biológica estão ligados si por uma intrincada rede de relações que inclui o ambiente físico em que existem estes organismo. Estes componentes físicos e biológicos interdependentes formam o que os biólogos designam com o nome de ecossistema”(Ehrlich & Ehrlich, 1974).

“É o espaço limitado onde a ciclagem de recursos através de um ou vários níveis tróficos é feita por agentes mais ou menos fixos, utilizando simultânea e sucessivamente processos mutuamente compatíveis que geram produtos utilizáveis a curto ou longo prazo”(Dansereau, 1978).

5.2 Risco

Combinação entre a probabilidade da ocorrência de um incidente (falha, aspecto ambiental, acidente, emergência) e a severidade do efeito ou da conseqüência (impacto ambiental, dano, lesão, doença, demanda ou reação de insatisfação de parte interessada ou outras perdas) que pode ser provocada pelo incidente.

É a combinação entre a probabilidade da ocorrência de um incidente (aspecto) ambiental e a severidade do impacto ambiental decorrente.

5.3 Análise de Risco

A Análise de Risco trata de conceitos tais como *Perigo*, *Risco* e *Segurança*, que são definidos a seguir. As definições foram extraídas de CETESB/1994; Norma BS 8800, Fantazzini & Cicco/1993, Peter Calow/1999.

- Análise de risco: é a identificação metódica de elementos e situações numa instalação ou atividade que possam gerar condições de risco. A Análise de Riscos tradicional tem como foco a segurança do trabalho e do patrimônio da empresa, enquanto a Análise de Risco Ambiental (que é o caso desta) tem como

foco os efeitos sobre o meio ambiente, considerando-se também os funcionários e as instalações.

- Avaliação dos riscos: é a utilização de técnicas de caráter experimental e/ou matemático, as quais têm por finalidade prever, quantitativamente, as freqüências de ocorrências e as conseqüências da materialização de um perigo.
- Emergência: situação gerada pela ocorrência de um acidente (ou caso fortuito), que exige a adoção imediata de medidas de controle e, posteriormente, de medidas de correção.
- Evento/Acidente/Falha: é uma ocorrência específica não planejada, ou uma seqüência de ocorrências, que gera conseqüências indesejáveis.
- Efeitos ambientais: efeito corresponde aos impactos ambientais gerados no caso de ocorrência dos eventos/acidentes/falhas. Impacto ambiental é definido como “...qualquer modificação do meio ambiente, benéfica ou adversa, que resulte, no todo ou em parte, das atividades, produtos ou serviços de uma organização.”
- Medidas de controle de emergências: são medidas adotadas para eliminar ou debelar os efeitos gerados pelos acidentes, no momento em que estes ocorrem.
- Medidas de correção de emergências: são medidas adotadas para recuperar os sistemas ou as áreas atingidas pelos efeitos de um acidente.
- Medidas de prevenção e minimização de riscos de acidentes: são medidas adotadas para reduzir as probabilidades de ocorrência de acidentes, ou as prováveis conseqüências na hipótese de ocorrência destes.
- Risco: é a probabilidade de um perigo se materializar causando danos. O risco é função da probabilidade de ocorrência de um evento indesejado e dos danos resultantes desse evento.

5.4 Medida Mitigadora

Ações ou medidas adotadas para minimizar os efeitos ou conseqüências (impacto ambiental, danos, lesões, doenças, demandas ou reações de insatisfação de partes interessadas ou outras perdas).

Nota: medida mitigadora implica ações de disposição e/ou de correção imediata sobre os efeitos ou conseqüências, tais como limpeza e remoção de resíduos, rescaldo do combate a incêndio, primeiros socorros às vítimas, interdição de áreas afetadas, segregação e isolamento de produtos perigosos acidentados, medidas compensatórias, entre outras.

Nota: a mitigação do risco se dá por meio das ações de controle e na por meio das ações mitigadoras.

5.5 Vulnerabilidade

Vulnerabilidade, segundo Deyle et al. (1998), é a suscetibilidade das instalações humanas aos impactos danosos dos perigos naturais.

Deyle 1998, 129, define vulnerabilidade como a susceptibilidade dos assentamentos humanos para os impactos nocivos dos desastres naturais. Impactos de preocupação incluem lesões e mortes de populações humanas, danos à propriedade pessoal, habitação, serviços públicos, equipamentos e infra-estrutura, empregos perdidos, o lucro empresarial, e as receitas fiscais, bem como prejuízos indiretos causados pela interrupção dos negócios e da produção e os custos públicos de planejamento, preparação, mitigação, resposta e recuperação.

Este trabalho entende a vulnerabilidade ambiental como o potencial de um ecossistema tem frente a um impacto ambiental.

5.6 Análise de Vulnerabilidade

Uma compilação de informações que permite a determinação da possíveis riscos que podem causar danos, tendo em conta todos os riscos que tem sido identificados.

Avaliação da Vulnerabilidade: A avaliação da vulnerabilidade, o segundo nível de avaliação dos riscos, combina as informações da identificação do perigo com um inventário das já existentes (ou planejado) de propriedade e da população exposta a um perigo. Ele fornece informações sobre quem e o que são vulneráveis a desastres naturais dentro das áreas geográficas definidas pela identificação de perigo.

A avaliação da vulnerabilidade também pode estimar os danos e acidentes que resultam de vários intensidades de risco (Deyle et al. 1998, 129).

Em relação a vulnerabilidade a resolução CONAMA ¹398/08 diz :

“3. Análise de vulnerabilidade

Nesta seção, deverão ser avaliados os efeitos dos incidentes de poluição por óleo sobre a segurança da vida humana e o meio ambiente nas áreas passíveis de serem atingidas por estes incidentes.

A análise de vulnerabilidade deverá levar em consideração:

- a) a probabilidade do óleo atingir determinadas áreas;
- b) a sensibilidade destas áreas ao óleo.”

5.6 Carta de sensibilidade ao óleo

O MMA especifica um conjunto de normas técnicas para elaboração das cartas de sensibilidade, “Especificação e normas técnicas para elaboração de cartas de sensibilidade ambiental para derramamentos de óleo, MMA, 2004.”

As Cartas de sensibilidade ao óleo – Cartas SAO incluem três tipos de informações principais:

- Sensibilidade ambiental do litoral ao óleo, definida por um Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL), estabelecido com base no conhecimento das características geomorfológicas da costa, considerando o tipo de substrato, a declividade do litoral e o grau de exposição à energia de ondas e marés;
- Recursos biológicos sensíveis ao óleo existentes na área da carta, com informação em nível de espécie e especial atenção para espécies protegidas, raras, ameaçadas ou em perigo de extinção, e para locais onde ocorrem concentrações ou fases importantes do ciclo de vida das espécies, como áreas de alimentação, reprodução, berçários, habitats de nidificação e áreas de trânsito/rotas de migração;
- Atividades socioeconômicas que podem ser prejudicadas por derramamentos de óleo ou afetadas pelas ações de resposta, incluindo áreas de recreação, lazer e veraneio no

¹ **RESOLUÇÃO Nº 398, DE 11 DE JUNHO DE 2008.**

Dispõe sobre o conteúdo mínimo do Plano de Emergência Individual para incidentes de poluição por óleo em águas sob jurisdição nacional, originados em portos organizados, instalações portuárias, terminais, dutos, sondas terrestres, plataformas e suas instalações de apoio, refinarias, estaleiros, marinas, clubes náuticos e instalações similares, e orienta a sua elaboração

litoral, áreas de pesca e maricultura, áreas sob gerenciamento especial (unidades de conservação, sítios históricos ou culturais), tomadas d'água para plantas industriais ou de energia, salinas, portos e terminais, etc.

A sensibilidade da linha de costa classifica as seções do litoral em habitats, de acordo com suas características geomorfológicas, sensibilidade a derramamentos de óleo, persistência natural de óleo e condições de limpeza/remoção. A classificação é baseada em um entendimento completo do ambiente costeiro, incluindo as relações entre os processos físicos e o substrato, que produzem tipos específicos de linhas de costa e permitem prever padrões de comportamento do óleo derramado e de transporte de sedimentos.

As cartas de sensibilidade, especialmente as Cartas SAO operacionais (ou de detalhe) e as cartas táticas de escala intermediária, classificam a linha de costa utilizando um índice de sensibilidade do litoral (ISL). Este índice hierarquiza os diversos tipos de contorno da costa em uma escala de 1 a 10, sendo o índice tanto maior quanto maior o grau de sensibilidade.

Os ecossistemas costeiros, estuarinos ou fluviais são classificados segundo um índice de sensibilidade ao óleo, estabelecido com base nos seguintes fatores: tipo de substrato, permeabilidade, mobilidade e condições de tráfego; declividade da zona intermarés; grau de exposição à energia de ondas e marés; facilidade de limpeza; produtividade e sensibilidade biológicas.

6 – METODOLOGIA DE TRABALHO

A metodologia empregada neste estudo foi a realização de uma análise criteriosa das atividades da MRN com o apoio da metodologia de análise de riscos baseada na Análise Preliminar de Perigo (APP), que é uma metodologia indutiva estruturada para identificar os potenciais perigos decorrentes da instalação de novas unidades e sistemas ou da própria operação da planta que opera com materiais perigosos.

Esta metodologia procura examinar as maneiras pelas quais a energia ou o material de processo pode ser liberado de forma descontrolada, levantando, para cada um dos perigos identificados, as suas causas, os métodos de detecção disponíveis e os efeitos sobre os trabalhadores, a população circunvizinha e sobre o meio ambiente. Após, é feita uma Avaliação Qualitativa dos riscos associados, identificando-se, desta forma, aqueles que requerem priorização.

Para a determinação de riscos ambientais nosso estudo levou em conta

- Identificação do Processo Implicado.
- Identificar a Atividade Associada.
- Identificar o Aspecto Ambiental em Questão.
- Identificar o local específico.

- Manuseio de derivados de petróleo

O escopo da Análise Preliminar de Riscos abrange os eventos perigosos cujas causas tenham origem na instalação analisada, englobando tanto as falhas de componentes ou sistemas, como eventuais erros operacionais ou de manutenção (falhas humanas).

O grau de risco é determinado por uma matriz de risco gerada por profissionais com maior experiência na unidade orientada pelos técnicos que aplicam a análise. No caso da MRN houve uma forte interação do Departamento de Segurança do Trabalho que é responsável na empresa pelas questões de atendimento emergencial, com a empresa HIDROCLEAN. Neste processo procuramos envolver todas as pessoas dos diversos processos produtivos onde se faz a utilização de combustíveis, de forma que foi possível a elaboração de uma detalhada matriz onde podemos ver em cada parte do processo os riscos de derramamento de óleo, incluindo os volumes estimados.

Esta

Esta metodologia pode ser empregada para sistemas em início de desenvolvimento ou na fase inicial do projeto, quando apenas os elementos básicos do sistema e os materiais estão definidos. Pode também ser usada como revisão geral de segurança de sistemas/ instalações já em operação.

Para definir a Severidade do Impacto Ambiental optamos por uma tabela desenvolvida a partir dos volumes associados a descargas de pior caso identificados no estudo e que compõe a tabela da figura 5.

CONSEQUÊNCIA	PROBABILIDADE				
	Alta probabilidade de ocorrer durante o período analisado. Ex. Frequência diária	Moderada probabilidade de ocorrer durante o período analisado. Ex. Frequência semanal	Ocasional, pode ser que ocorra. Ex. Frequência mensal	Remota possibilidade Ex. Frequência anual	Improvável que ocorra. Ex. Frequência a cada dez anos
1) Eventos com múltiplas fatalidades; 2) Danos de longa duração no meio ambiente. ex.: vazamentos de óleo > 200 m ³	CRÍTICO	CRÍTICO	CRÍTICO	CRÍTICO	ALTO
1) Eventos com uma fatalidade; 2) Danos ambientais de média duração. ex.: vazamentos de óleo entre 20 e 200 m ³	CRÍTICO	CRÍTICO	CRÍTICO	ALTO	ALTO
1) Incapacidade parcial ou total permanente; 2) Danos com efeitos de curta duração que não afetam funções do ecossistema. ex.: vazamentos de óleo entre 8 e 20 m ³	CRÍTICO	ALTO	ALTO	MÉDIO	MÉDIO
1) Lesões com perdas requerendo afastamento, mas sem provocar incapacidade; 2) Danos que causem efeitos menores no meio ambiente. ex.: vazamentos de óleo entre 1 e 8 m ³	ALTO	ALTO	MÉDIO	BAIXO	BAIXO
1) Lesões leves ou doenças de baixa gravidade; 2) Derramamento de óleo: Danos limitados a áreas mínimas de pequena significância. Ex: vazamentos de óleo < 1m ³	ALTO	MÉDIO	BAIXO	BAIXO	BAIXO

Figura 5 - Tabela para avaliação dos eventos

Sempre considerando a avaliação para o item dois da planilha com foco em eventos ambientais.

Neste estudo específico focamos a utilização e manuseio de derivados de petróleo em todo o empreendimento para a determinação dos riscos em função das fontes.

Faz parte da metodologia após a identificação prévia e avaliação qualitativa dos riscos, relacionar com as informações ambientais do empreendimento, para ser possível o dimensionamento dos recursos para se tratar um evento ambiental, seguimos as recomendações da Resolução CONAMA 398/2008, ou seja, na análise de riscos também fazemos uma análise de vulnerabilidade com informações ambientais.

O resultado deve ser de forma prática a identificação dos cenários de pior caso e a consequente estruturação da empresa para tratar estes eventos.

7 - IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS RISCOS

Nesta seção são identificadas as fontes potenciais e avaliadas as possíveis conseqüências de incidentes de poluição por óleo.

7.1- Identificação dos riscos por fonte

A MRN não possui embarcação própria. O transporte da bauxita é realizado por diferentes clientes da empresa e, por isso, há uma grande diversidade de embarcações que utilizam o Terminal da MRN. Os navios que atracam no terminal possuem, em média, 220 m de comprimento, calado de chegada de 2,83 m avante e 6,36 m à ré, calado de saída de 11,14 m avante e 11,25 m à ré, e capacidade de transporte de 80.000 Tb da bauxita extraída. O maior navio que já atracou no terminal tinha 274 m de comprimento.

O volume do maior tanque de derivados de petróleo entre as embarcações que normalmente utilizam o Terminal é de 600 m³ de óleo combustível MF-380. A balsa da Petrobrás que opera no Porto Trombetas possui uma capacidade de 2.200 m³ de óleo BPF (OC-1A) e 1.800 m³ de óleo diesel. Esses são os volumes característicos dos cenários de pior caso que foram contemplados na modelagem matemática.

7.2 Hipóteses acidentais

A partir da identificação das fontes potenciais são relacionadas e discutidas abaixo as hipóteses acidentais que resultam em vazamento de óleo para o rio.

Considerando a identificação das fontes potenciais de poluição por hidrocarbonetos e derivados, foram listadas no Anexo II as hipóteses acidentais.

O comportamento do óleo no rio será determinado pela modelagem matemática e pelas condições hidrográficas existentes.

7.3 Descarga de pior caso

As descargas de pior caso correspondem aos maiores volumes de vazamentos identificados no item 2. Este conceito foi adotado pela Resolução CONAMA n.º 398, de 11 de junho de 2008.

No caso da Mineradora do Rio do Norte, existem 3 tipos diferentes de descarga de pior caso, baseados no tipo de óleo que pode ser derramado: óleo diesel, óleo combustível MF-380 e óleo combustível BPF (OC-1A - óleo com baixo ponto de fluidez). As quantidades vazadas e as características dos óleos considerados podem ser observadas no Anexo I.

Os Cenários Acidentais foram identificados levando em consideração o tipo de óleo, o volume passível de ser derramado e suas respectivas características.

É importante ressaltar que os cenários ambientais são levantados a partir do cadastro das eventuais fontes poluidoras, que serve como base para a análise de riscos.

Tabela 1- Características e volume dos óleos considerados para os cenários de pior caso.

Características	Óleo Diesel	Óleo MF-380	Óleo BPF (OC-1A)
Volume derramado	1.800 m ³	600 m ³	2.200 m ³
Fonte	Balsa-tanque (BR)	Navio	Balsa-tanque (BR)
Local	Pier do óleo (BR)	Terminal principal e bacia de evolução	Pier do óleo (BR)
Densidade (g/cm ³) a 20°C	0,829	0,972	1,024
Viscosidade dinâmica a 25°C (cP)	11,5	3.180,0	620,0
Tensão interfacial (din/cm)	30,0	39,8	39,8
Conteúdo de água para formar emulsões (%)	0,00	80,0	80,0
Espessura mínima (mm)	0,10	1,0	1,0
Ponto de ebulição inicial (K)	508,20	582,30	582,30
Gradiente da curva de evaporação	129,69	141,51	141,51
Constante de evaporação A	20,30	27,49	27,49
Constante de evaporação B	18,10	22,067	22,067

8. ANÁLISE DE VULNERABILIDADE AMBIENTAL **Erro! Indicador não definido.**

A análise de vulnerabilidade ambiental foi elaborada a partir das atividades da Mineração Rio do Norte S.A., concomitante com as condições ambientais encontradas no Rio Trombetas e adjacências, e com a probabilidade do óleo atingir as margens do Rio. Nesta análise, as áreas foram avaliadas sob os seguintes aspectos: condicionantes geomorfológicas, presença de concentrações humanas, áreas de importância socioeconômica, rotas de transporte aquaviário e rodoferroviário, áreas ecologicamente sensíveis, comunidades biológicas e unidades de conservação.

Nas áreas passíveis de serem atingidas por incidentes de poluição por óleo são descritas as espécies mais vulneráveis (peixes, herpetofauna, mamíferos marinhos, avifauna, vegetação), unidades de conservação, igarapés, presença de concentração urbana, áreas de importância sócio-econômica e rotas de transporte aquaviário.

Para se elaborar a análise de vulnerabilidade e conseqüentemente subsidiar a empresa no dimensionamento das ações de resposta foram coletadas as seguintes informações:

- Carta náutica digital da região;
- Informações sobre o rio Trombetas (batimetria e vazão);
- Datum das coordenadas do Terminal e do acesso pelo Rio Amazonas - Barra Norte;
- Coordenada geográfica da bacia de evolução e pontos de atracação de navios, com datum (pontos onde há risco para a modelagem matemática da dispersão).
- Volumes dos maiores tanques de armazenagem de cada produto na instalação e no terminal (tanques terrestres) e nas embarcações que realizam atividades no terminal
- Profundidade do canal de acesso ao terminal em baixa mar.
- Pluviosidade;
- Dimensões da bacia de evolução.
- Comprimento do cais e píer de atracação.

A análise de vulnerabilidade foi elaborada a partir das atividades da Mineração Rio do Norte S.A., e com o tratamento das informações descritas acima foi possível fazer uma modelagem matemática da dispersão de combustíveis no Rio Trombetas em

descargas de pior caso. Estas informações, juntamente com a representação gráfica da biodiversidade (extraída dos documentos de licenciamento do empreendimento), nos corpos hídricos compõem a chamada a Carta de Sensibilidade Ambiental ao Óleo (SAO) para a área de interesse e com o Relatório de Transporte e Dispersão do Óleo no Rio Trombetas. A união destes dois estudos compôs o Mapa de Vulnerabilidade para a área de interesse da MRN.

As informações geradas por estes estudos permitirão ao empreendimento, planejar e agir de forma mais eficaz para proteger e limpar os ambientes vulneráveis ao óleo. Para desenvolvimento da Carta SAO, as áreas foram avaliadas sob os seguintes aspectos:

- Condicionantes geomorfológicas;
- Presença de concentrações humanas e áreas de importância socioeconômica;
- Rotas de transporte aquaviário e rodoferroviário;
- Áreas ecologicamente sensíveis e comunidades biológicas;
- Pontos estratégicos, e;
- Unidades de conservação.

Ressalta-se que a importância das áreas pode variar ao longo do ano, tanto no que diz respeito às demandas ambientais como socioeconômicas. Especialmente nos sistemas fluviais amazônicos, os períodos de cheia e seca representam realidades extremamente distintas. Portanto, o mapeamento ideal caracteriza o ambiente também ao longo do seu ciclo sazonal.

9 - ESPÉCIES VULNERÁVEIS

A fauna entomológica da bacia amazônica é extremamente rica, com 30 ordens, mais de 700 famílias e aproximadamente 1 milhão de espécies.

A maioria destas espécies concentra-se nas copas das árvores, sendo característica da entomofauna de florestas tropicais com um alto grau de endemismo.

9.1 Peixes

O rio Trombetas possui cerca de 340 espécies de peixes, de 11 ordens e 43 famílias, sendo considerado o segundo rio amazônico em riqueza de espécies.

Entre os peixes mais abundantes ou de maior valor comercial destacam-se o tucunaré (*Pimelodus bloch*), aruanã (*Osteoglossum sp*), carauaçu (*Astronotus*

ocelatus), mandí (*Pimelodus spp*), surubim (*Pseudoplatystoma faciatum*), raia (*Potomotrygon sp*), piraíba (*Brachyplatystona filamjentosum*) e traíras (*Hoplias macrophthalmus*).

A riqueza de espécies da FLONA (Floresta Nacional de Sacará-Taquera) é constatada pela variedade morfológica de seus peixes: cartilagosos, ósseos primitivos e especializados, espécies invasoras, espécies com respiração aérea obrigatória e facultativa. Esse elevado índice de diversidade pode ser justificado pela idade e pelo tamanho do sistema de drenagem, pela alta heterogeneidade ambiental e por um processo de captura de rios e bacias vizinhas ao longo do tempo.

9.2 Herpetofauna (anfíbios e répteis)

A FLONA abriga importantes espécies de anfíbios e répteis, pelo papel que desempenham na cadeia alimentar ou por estarem ameaçadas de extinção.

Na Amazônia existem pelo menos 163 espécies de anfíbios. Na FLONA foram encontradas 31 espécies de anfíbios associadas às áreas de baixios e igarapés (*Hyla geographica*, *Hyla granosa*, *Osteocephalus sp.*), platôs (*Epipedobates femoralis*, *Phrynohyas resinifictrix*) e em ambos os habitats (*Phyllomedusa bicolor*, *Hyla minuta* e *Leptodactylus pentadactylus*). Os anfíbios são espécies que apresentam uma alta sensibilidade a alterações de parâmetros físicos e químicos na água, bem como alterações na vegetação próxima aos corpos d'água. É um importante grupo indicador da qualidade ambiental local já que servem de alimento para muitas espécies de peixes, répteis, aves e mamíferos.

Na Amazônia são registradas cerca de 550 espécies de répteis. Dentre essas, 60 podem ser encontradas na FLONA. Destaque para a tartaruga-da-Amazônia (*Podocnemis expansa*), o maior quelônio de água doce da América do Sul e o réptil de maior importância econômica da região amazônica que atualmente se encontra ameaçada de extinção. Segundo o IBAMA, também se encontram na lista de espécies ameaçadas de extinção o jacaré-açú (*Melanosuchus niger*), maior jacaré do Brasil, e a surucucu (*Lachesis muta*).

Na região, ocorrem ainda duas espécies de quelônios terrestres: *Geochelone denticulata*, encontrado em áreas de platô, e *Geochelone carbonaria*, ambas bastante procuradas e comercializadas como alimento pela população.

9.3 Mamíferos

Para a Amazônia são registradas a ocorrência de cerca de cento trinta e oito espécies de mamíferos. Na FLONA ocorrem aproximadamente cento e sessenta e seis espécies, sendo noventa espécies de morcegos, vinte e quatro espécies de roedores, quatorze espécies de carnívoros, nove espécies de marsupiais, dez espécies de edentados, nove espécies de primatas, seis espécies de ungulados, dois cetáceos, uma espécie de sirenia e uma espécie de lagomorfa.

Apenas uma espécie de primata com distribuição prevista para área é considerada endêmica, sagüi-de-duas-cores (*Saguinus bicolor*), que se encontra ameaçada de extinção.

Outras espécies ameaçadas de extinção segundo lista divulgada pelo IBAMA: tatu-canastra (*Priodontes maximus*), tamanduá bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*), macaco-aranha-preto (*Ateles paniscus*), cachorro-do-mato-vinagre (*Speothos venaticus*), lontra (*Lutra longicaudis*), ariranha (*Pteronura brasiliensis*), jaguatirica (*Leopardus pardalis*), gato-maracajá (*Leopardus wiedii*), suçuarana (*Puma concolor*), onça pintada (*Panthera onca*) e peixe-boi (*Trichechus inunguis*).

9.4 Avifauna

Atualmente, registra-se um total de 930 espécies de aves na Amazônia. Desse total, cerca de 44% são endêmicas. A FLONA registra um total aproximado de 600 espécies com ocorrência provável. Dentre essas, 69% têm hábito de vida florestal, 15% são generalistas, 11% têm hábito aquático e 5% têm hábito terrestre.

Existem também 6 espécies endêmicas na região: a jacupemba (*Penelope superciliaris*), o pica-pau-anão-da-várzea (*Picumunus varzeae*), a chocadeira d'água (*Sakesphorus luctuosus*), o chororó-didi (*Cercomacra laeta*), a maria-sebinha (*Hemitriccus minos*) e o casaca-de-couro-da-lama (*Furnarius figulus*).

Ocorrem ainda algumas espécies ameaçadas de extinção, como o gavião-real (*Harpia harpyia*), o gavião-penacho (*Spizaetus ornatus*), o martim-pescador-anão (*Chloroceryle aenae*), uiraçu-falso (*Morphus guianensis*), gavião-pato (*Spizastur melanoleucus*), gavião-de-peito-vermelho (*Falco deiroleucus*), curió (*Oryzoborus*

angolensis), polícia-inglesa (*Strunella militaris*), pomba-amargosa (*Columbea plumbea*), pato-do-mato (*Cairina moschata*), besourão-de-rabo-branco (*Phaetornis superciliosus*), pica-pau-de-coleira (*Celeus torquatos*).

9.5 Vegetação

A vegetação encontrada no entorno da MRN é predominantemente Floresta de Várzea, periodicamente alagada, ao longo das margens do rio Trombetas. Um destaque importante nessa área são as Formações Pioneiras com Influência Fluvial. Essas são formações situadas ao longo dos cursos d'água e ao redor dos lagos sobre os terrenos aluviais, constituídas de vegetação de primeira ocupação, sendo diferenciada tanto em fisionomia arbórea quanto arbustiva. A fisionomia e a composição florística nas margens dos lagos e do rio Trombetas são semelhantes e apresentam uma zonação bem característica, embora nem sempre ocorram necessariamente todas as zonas. A partir do centro para a borda ocorrem:

Zona das macrófitas aquáticas: a espécie mais freqüente é um arroz selvagem, *Oriza* sp, que forma aglomerados de extensão e largura variáveis.

Zona arbustiva: nessa porção, as espécies mais freqüentes são as Myrtaceae, tendo os seus frutos servindo de alimento para muitas espécies de peixes.

Zona marginal: mais expressiva e diversificada com relação às espécies. Espécies arbustivas e arbóreas mais presentes, chegando às proximidades de terra firme, com destaque para as seringueiras (ex: *Hevea brasiliensis*), palmeiras (ex: *Bactris maraja*) e epífitas (ex: *Piperomea* sp)

A vegetação secundária também se faz presente nas margens, principalmente em locais onde há ocupação humana. Algumas espécies como as castanheiras, destacam-se na paisagem, já que foram poupadas pela exploração madeireira e agrícola. Outras espécies foram introduzidas nas áreas de ocupação como a mangueira, acácia, caju, murici entre outras.

10 - UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

A Mineração Rio do Norte encontra-se situada entre duas Unidades de Conservação, com exceção de uma área ocupada pela Base Secundária de Oriximiná (BARIX) da Petrobrás: a Reserva Biológica do Rio Trombetas (REBIO), estabelecida pelo Decreto nº 84.018/79, e a Floresta Nacional de Sacará-Taquera (FLONA), estabelecida pelo Decreto 98.704/89.

A REBIO foi criada em 1979 e sua história foi marcada pelos constantes conflitos de interesses. De um lado estava o uso de seus recursos pelas comunidades que habitam seu interior e seu entorno, e do outro, as restrições exigidas para uma reserva biológica, que somente admite atividades de pesquisa e educação ambiental. Hoje ainda existe esse conflito, mas já se tem um maior reconhecimento da importância regional e local da unidade.

Nos últimos anos, vários projetos foram implantados na região. A inclusão da unidade no programa ARPA – Áreas Protegidas da Amazônia – gerou diversos benefícios para a área, entre eles o equipamento e a conservação da estrutura para pesquisa e atividades educacionais, a implementação do plano de manejo e de proteção, a criação e dinamização do conselho consultivo, o aumento e melhoramento do acesso de pesquisadores, bem como o aumento do número de pesquisas e apoio a atividades com as comunidades do entorno.

Além disso, o Programa de Gestão de Resultados (PGR), também pertencente ao programa ARPA, mudou a forma de gestão da unidade, estabelecendo uma metodologia para verificação de resultados, baseada na adoção de objetivos estratégicos, indicadores e metas. Como consequência, a unidade melhorou sua pontuação na ferramenta de avaliação utilizada pelo Programa Nacional de Gestão Pública e Desburocratização – GESPÚBLICA, do Ministério do Planejamento, subindo dos 99 pontos iniciais a 203 pontos em apenas um ano. Atualmente a Rebio do Rio Trombetas é considerada referência, dentro do PGR.

Outro projeto de importante relevância é o SIMBIO, Sistema de Monitoramento da Biodiversidade, do Instituto Chico Mendes, o qual monitora a biodiversidade da Rebio, através do estudo e acompanhamento de espécies de quelônios, castanhais, peixes e aves. Este projeto é conveniado com a Mineração Rio do Norte, que repassa recursos para que a unidade possa manter uma equipe de agentes ambientais nas bases e a estrutura de apoio sempre em funcionamento, além de outras atividades.

10.1 Rio Trombetas

O rio Trombetas nasce na fronteira do Brasil com a Guiana e tem um total de 750 km de extensão. É navegável em um trecho de 230 km, por onde podem passar embarcações de até 500 toneladas. É formado pela junção dos rios Poana e o Anuma e, quando ocorre a junção com o Paraná de Sapucaá, ganha o nome de baixo Trombetas, podendo atingir 1.800 m de largura. Está inserido nos municípios de Oriximiná, Terra Santa, Óbidos e Faro.

A bacia de drenagem do rio Trombetas apresenta uma área de aproximadamente 133.630 km², caracterizada com uma rede de drenagem muito densa e com padrão predominantemente dendrítico (correntes tributárias distribuem-se em todas as direções sobre a superfície do terreno). As principais drenagens que a compõem são os rios Poana, Anamu, Turuna, Inhabu, Mapuera e Cuminá.

Condicionado ao regime de chuvas, o rio Trombetas atinge seu nível mais alto nos meses de abril e maio, quando ocorre o auge do período chuvoso. Em relação à vazão, o rio Trombetas possui uma vazão média de 1.723,67m³/s, segundo dados da ANA (Agência Nacional de Águas). Esse dado pôde ser aferido utilizando-se as médias mensais de vazão do rio entre os anos de 1987 a 1999.

Como a maioria dos rios da bacia de drenagem da região amazônica, o rio Trombetas também possui uma vasta rede de drenagem composta por pequenos corpos d'água (igarapés). Isso se deve, principalmente, ao elevado índice pluviométrico encontrado na região (2000 a 2500 mm/ano), o que constitui premissa básica para a existência desta extensa rede.

Em sua maioria, os igarapés apresentam águas pobres em nutrientes dissolvidos que, juntamente com os baixos valores de incidência luminosa, resultam em uma baixa produtividade primária. Isto permite caracterizá-los como sistemas heterotróficos, cuja principal fonte energética constitui-se de material proveniente da floresta.

Para uma melhor logística do empreendimento, a Mineração Rio do Norte construiu uma rodoferrovia que liga a mina Saracá à vila de Porto Trombetas. Com aproximadamente 30 km de extensão, a rodoferrovia corta diversos igarapés existentes na região provocando um barramento parcial deles, como pode ser

observado no igarapé Saracá, no km 25 (Figura 6). Além desse, existem vários igarapés passíveis de serem atingidos pelas atividades da mineradora, entretanto, os sete são principais: Periquito, Papagaio, Saracazinho, Aviso, Almeidas e Araticum, além do já citado Sacará.



Figura 6 - Vista aérea do trecho alagado do igarapé Saracá

10.2 Igarapés adjacentes ao rio Trombetas

De uma maneira geral, os igarapés adjacentes ao rio Trombetas constituem ecossistemas rasos, com profundidade média variando entre 0,1 m e 1,6 m. Possuem temperatura média em torno de 23,5 a 31 °C, águas com pH variando entre ácido a levemente ácido e com baixa condutividade elétrica (baixa concentração de íons). Também apresentam baixas concentrações de matéria orgânica, inferiores a 10%, refletindo a predominância de sedimentos inorgânicos em suas águas.

A análise de riscos identificou considerou que na operação de abastecimento de combustível, os caminhões tanque atravessam os Igarapés Sacará, Periquito, Aviso, Almeidas, Papagaio e Igarapé Saracazinho demandando que estes cenários fossem considerados na análise de riscos.

10.3 Presença de concentrações urbanas

Existem muitas comunidades que vivem no entorno da Mineradora Rio do Norte. Dentre elas, registram-se as comunidades quilombolas que vivem nas margens do rio Trombetas há dezenas de anos e as comunidades ribeirinhas que vivem nas lagoas, em áreas com restrições legais de uso. Essas últimas, em sua maioria, são formadas por pessoas que viviam em localidades próximas e se mudaram para o Porto de Trombetas para trabalhar na MRN ou em serviços indiretamente demandados pela mineradora. A maioria desenvolve atividade pecuária e pesca de subsistência.

Existem ainda, duas terras indígenas – TI – nas proximidades do empreendimento: a TI Trombetas-Mapuera e a TI Nhamundá-Mapuera. Essas TI's abrangem parte do município de Oriximiná mas não sofrem qualquer influência das atividades da mineradora.

A TI Trombetas-Mapuera possui 3.970.418 ha, se estendendo pelos municípios de Caroebe e São João da Baliza em Roraima, Faro e Oriximiná, no Pará e Nhamundá e Uruará, no Amazonas. Trata-se da última grande terra indígena identificada pela FUNAI, que finalmente teve a sua demarcação finalizada em março deste ano. A área é habitada pelos Wai-Wai e pelos Karafawyana.

A outra Terra Indígena é a Nhamundá-Mapuera, abrangendo parte dos municípios Oriximiná e Faro. Possui 845.400 ha. (8.454 km²) e é habitada pelas tribos Hixkaryana, Katuena, Tirió, Xereu e Wai-Wai.

10.4 Áreas de Importância Socioeconômica

A área de exploração da MRN abrange as minas, uma estrada de ferro das minas ao porto e, nas proximidades da margem do rio, uma grande construção para o armazenamento da bauxita e esteiras que direcionam o minério para os navios.

Nas proximidades do porto há um centro comercial com lojas, mercado, banco, feira, bar e restaurante, concentrado na Vila Paraíso (aglomerado de palafitas com casas, bares e boates), a sede do IBAMA e a cooperativa de barqueiros. Na margem direita do rio encontra-se a Base Secundária de Oriximiná (BARIX) da Petrobras, que tem

como principais atividades o recebimento, armazenamento e distribuição de álcool e derivados de petróleo (gasolina, óleo diesel e óleo combustível).

A comunidade de Trombetas, adjacente à mineradora, é composta em quase sua totalidade por funcionários da MRN. O bairro é bastante movimentado, tanto pelo fluxo de moradores, quanto por visitantes passageiros, que chegam com os navios e ficam em terra aguardando o carregamento da bauxita e o abastecimentos dos navios.

No caso de um acidente envolvendo derrame de óleo combustível ou diesel, as atividades exercidas nas proximidades do ponto de risco e na margem direita até 1,5 km do rio abaixo ficariam comprometidas.

10.5 Rotas de Transporte Aquaviário

O rio Trombetas é considerado um rio navegável, tanto para embarcações pequenas e médias, como para embarcações de grande porte, caso dos cargueiros que transportam a bauxita e que estão presentes diariamente no trecho em estudo. Ao longo do rio, há faroletes de sinalização referenciados em carta náutica.

O maior impacto econômico causado por um derramamento de produtos derivados de petróleo no rio Trombetas seria o comprometimento de seu uso como via de transporte do trecho atingido. O impacto se concentraria nas proximidades do ponto de risco, onde se localizam atracadouros, estruturas para carregamento de produtos e ferry boat. Além do impacto econômico, registra-se o impacto social associado ao transporte de passageiros.

10.6 Ventos

A análise de ventos é de grande importância para o planejamento das ações de resposta, uma vez que o vento influencia na velocidade e na direção da dispersão da mancha de óleo, em especial nos períodos de seca.

O relatório de análise de ventos no Rio Trombetas apresentou, a partir dos três parâmetros analisados, uma predominância dos ventos do quadrante leste, com intensidades de, aproximadamente, 1,0 m/s na cheia e inferiores a 1,0 m/s na seca,

provenientes do sistema de ventos alísios. Entretanto, os ventos locais se mostraram mais intensos, principalmente no que diz respeito às medições no Porto de Trombetas.

Nas medições de vento local foram observados ventos provenientes de oeste-nordeste, os quais não estão presentes nas reanálises dos modelos meteorológicos, nem nos registros de ventos de Mina. Esse padrão é provavelmente gerado pelo sistema de ventos térmicos induzidos, em especial os sistemas de brisas de lagos e rios, observados na Amazônia.

Os registros de ventos no porto mostram que esse sistema de brisas locais apresenta período diurno, com ventos do quadrante leste atuando nas horas mais quente do dia e no início da noite, com inversão para o quadrante oeste por volta da meia noite, atuando nessa direção durante o restante da noite e o início da manhã. Esse sistema está mais presente em situações de tempo estável.

A partir do relatório, foi possível observar que os principais fenômenos atmosféricos de mesoescala da região foram bem representados pelos dados de reanálise do NCEP². A série de dados de vento NCEP, utilizada nas modelagens do transporte e dispersão de óleo no Rio Trombetas (ASA, 2008), são elaboradas através de técnicas de reanálise de modelos globais, onde as informações meteorológicas são processadas alimentando bases de dados robustas e altamente confiáveis. Desta forma, os principais fenômenos atmosféricos de mesoescala na região são bem representados. Esses dados são utilizados em modelagens ambientais que não dispõem de dados de ventos locais, ou quando estes apresentam falhas amostrais ou forte influência orográfica, que dependendo da escala de trabalho adotada, os tornam pouco representativos para a região.

Após as modelagens de transporte e dispersão do óleo, foram disponibilizados, pela MRN, dados de ventos locais coletados no ano de 2005 em duas estações meteorológicas de suas instalações. Esses dados são referentes aos ventos locais incidentes no porto e na mina, o que permite realizar uma análise sobre os efeitos dos ventos locais e compará-los com o dado de vento remoto NCEP, usado nas modelagens. Essas análises são apresentadas, a seguir.

² National Center for Environmental Prediction- Centro Nacional de Previsão do Tempo para o Meio Ambiente, situado em Maryland, nos Estados Unidos cuja metodologia se aplica para análise de ventos.

Os dados de vento analisados a seguir são provenientes dos modelos meteorológicos NCEP/NCAR, com resolução temporal de 6 horas e espacial de $2,5^\circ$, referentes ao período de 1o de janeiro a 31 de dezembro de 2005, da célula centrada nas coordenadas $1,0^\circ\text{S}$ e $56,2^\circ\text{W}$ (Figura 7), a qual cobre toda a região de estudo.

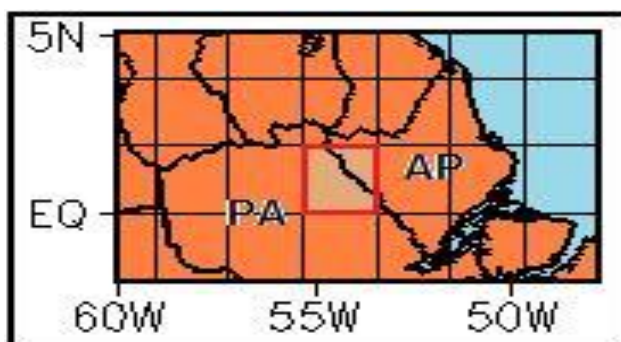


Figura 7 -Localização e cobertura dos dados de ventos NCEP (quadrícula vermelha)

A Figura 8 apresenta o diagrama tipo stick plot, ou digrama vetorial de linhas do vento NCEP. Observa-se a predominância dos ventos alísios, provenientes do quadrante E.

Trata-se da representação gráfica de séries temporais de longa duração para análise dos ventos.

Este parâmetro é vital para a modelagem matemática da dispersão de óleo no rio, feita para a descarga de pior caso. Neste estudo foi necessário estudar os ventos nos períodos de cheia e seca.

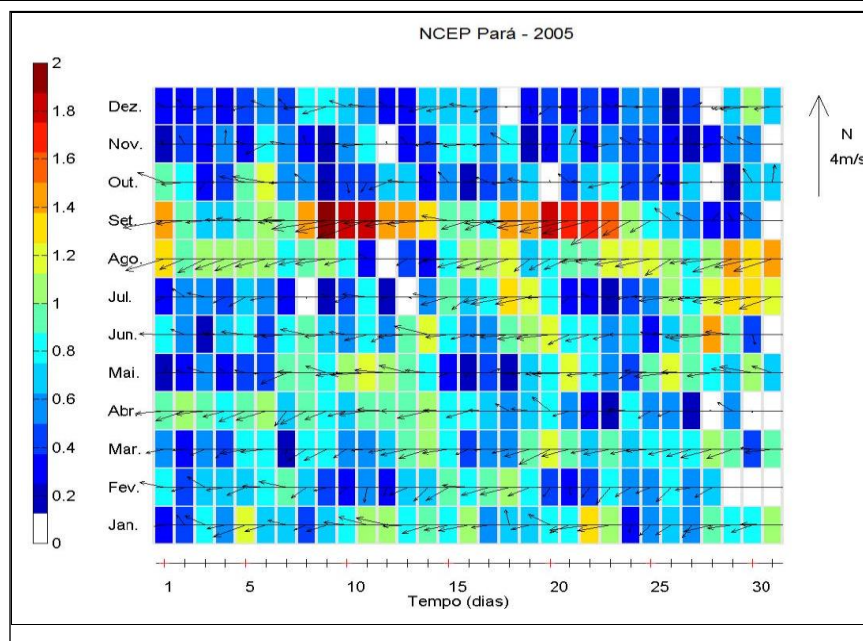


Figura 8 -Diagrama stick plot de dados de vento (NCEP) para o período de 1o de janeiro a 31 de dezembro de 2005, com intervalo de amostragem $dt=6h$ (convenção vetorial).

As figuras 8 e 9, apresentam os histogramas direcionais dos dados de vento (NCEP) para os períodos de cheia (abril a junho de 2005, Figura 8) e seca (outubro a dezembro de 2005, Figura 9). Estas figuras são do relatório Análise dos ventos da Região do Rio Trombetas da empresa ASA

A direção apresentada refere-se ao norte geográfico e segue a convenção meteorológica, a intensidade está em m/s e a escala de cores representa o número de observações (N.Obs.). Observa-se que, em ambos os meses de cheia e seca, os ventos mais freqüentes são provenientes do quadrante leste com intensidades de, aproximadamente, 1,0 m/s na cheia e inferiores a 1,0 m/s na seca.

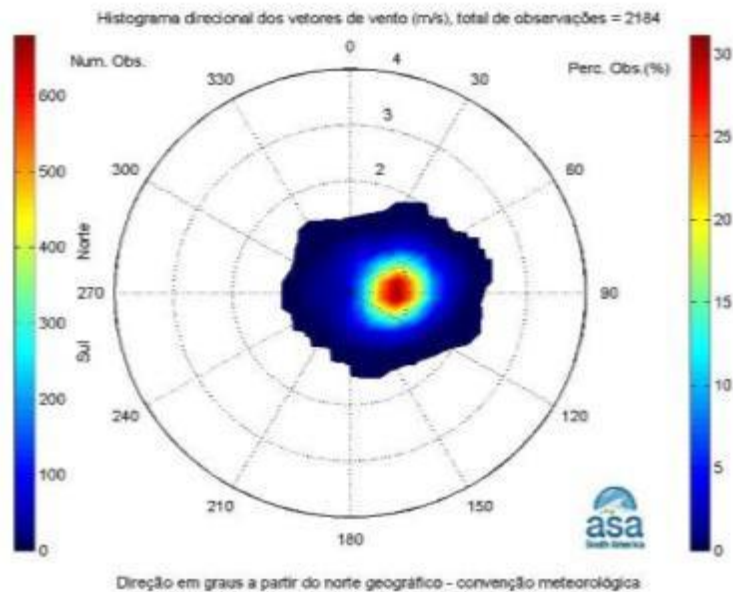


Figura 9 - Histograma direcional dos vetores de vento (NCEP) para o período de cheia (01/04 a 30/06 de 2005), com intervalo de amostragem de 6h.

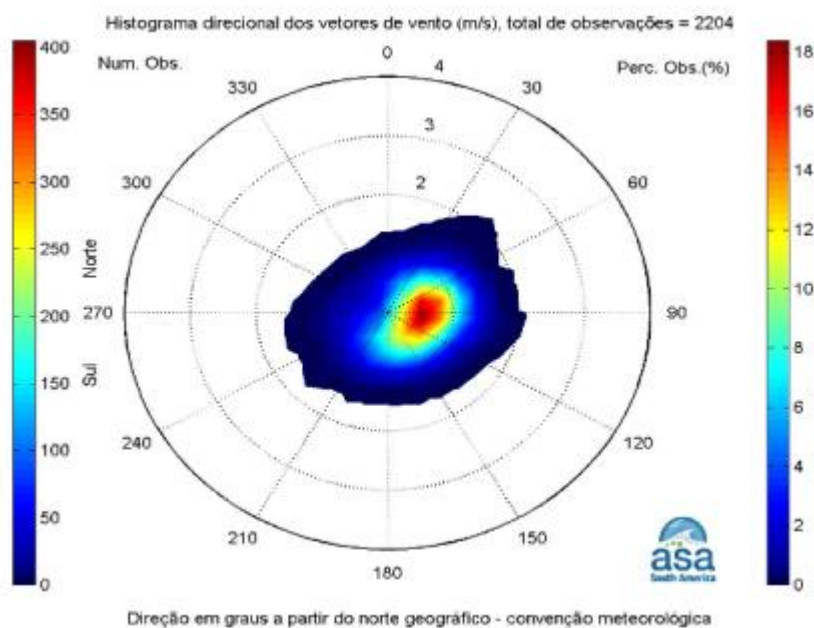


Figura 10- Histograma direcional dos vetores de vento (NCEP) para o período de seca (01/10 a 31/12 de 2005) (b), com intervalo de amostragem de 6h.

Fonte: Análise dos ventos da Região do Rio Trombetas - ASA

A Tabela 2 apresenta a freqüência de ocorrência conjunta entre intensidade e direção dos ventos para o período de cheia (abril, maio e junho). Os ventos mais freqüentes vieram de E (31,1%) e ENE (24,6%). Os ventos com maiores velocidades médias vieram de ENE e E (0,9 m/s), seguidos de ENE (0,8 m/s), enquanto que os ventos mais intensos registrados foram provenientes de ENE e ESE (1,8 m/s), seguidos de E (1,7 m/s). Do total de registros de ventos, 90% têm intensidades iguais ou inferiores a 1,2 m/s, como indicam os percentis apresentados na tabela.

A Tabela 3 apresenta a freqüência de ocorrência conjunta entre intensidade e direção dos ventos para o período de seca (outubro, novembro e dezembro). Os ventos mais freqüentes vieram de E (18,3%) e ENE (17,1%) e os ventos com maiores velocidades médias vieram de ENE e de E (0,7 m/s). Os ventos mais intensos registrados foram provenientes de ESE (1,6 m/s). Do total de registros de ventos, 90% têm intensidades iguais ou inferiores a 1,2 m/s, como indicam os percentis apresentados na tabela.

Tabela 2-Tabela 2 -Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção (°) do vento (NCEP), no período de 1o de abril a 30 de junho de 2005, com intervalo de amostragem dt=6h (convenção meteorológica).

Veloc.(m/s)	N	NN E	N E	EN E	E	ES E	SE	SS E	S	SS W	S W	WS W	W	WN W	N W	NN W	Tot .	Per c.	Dir.Mê d.
0.0 a 0.2	2	1	8	2	6	3	4	2	2	1	1	3	1 2	0	6	3	56	2.6	354
0.2 a 0.4	1 3	20	17	37	15	29	18	27	6	13	4	9	5	5	11	5	234	10. 7	91
0.4 a 0.6	7	18	27	84	78	90	34	17	1 1	3	1	12	8	7	7	5	409	18. 7	90
0.6 a 0.8	1 0	19	36	106	12 0	87	22	21	3	0	0	0	1	4	0	5	434	19. 9	85
0.8 a 1.0	1	4	14	121	21 1	10 4	22	5	0	0	0	0	0	0	0	3	485	22. 2	89
1.0 a 1.2	0	6	13	114	12 0	53	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	312	14. 3	84
1.2 a 1.4	0	0	15	41	70	14	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	146	6.7	83
1.4 a 1.6	0	0	3	16	48	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	3.2	83
1.6 a 1.8	0	0	0	13	6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	1.1	82
Total	3 3	68	13 3	534	67 4	38 7	10 9	75	2 2	17	6	24	2 6	16	24	21	216 9		
Porc.	1 .5	3.1	6. 1	24.6	31. 1	17. 8	5	3.5	1	0.8	0. 3	1.1	1. 2	0.7	1. 1	1			
Vel. méd.	0 .5	0.6	0. 7	0.9	0.9	0.8	0.6	0.5	0 .4	0.3	0. 3	0.4	0. 3	0.5	0. 3	0.5			
Vel. máx.	0 .9	1.2	1. 5	1.8	1.7	1.8	1.2	1	0 .7	0.5	0. 5	0.6	0. 6	0.7	0. 5	1			
Perct.(0.9)	0 .6	0.8	1. 2	1.2	1.2	1	0.8	0.8	0 .6	0.4	0. 4	0.4	0. 4	0.6	0. 4	0.8			

Tabela 3-Freqüência de ocorrência conjunta entre intensidade e direção dos ventos para o período de seca (outubro, novembro e dezembro).

Veloc.(m/s)	N	NN E	N E	EN E	E	ES E	S E	SS E	S	SS W	S W	WS W	W	WN W	N W	NN W	Tot .	Per c.	Dir.Mé d.
0.0 a 0.2	9	5	6	5	7	15	16	8	12	5	11	12	8	5	5	4	133	6	160
0.2 a 0.4	12	31	23	47	53	58	37	57	25	44	11	15	2	10	6	15	446	20.2	118
0.4 a 0.6	8	21	40	96	89	94	43	54	29	37	19	15	7	4	6	9	571	25.9	107
0.6 a 0.8	8	20	18	101	91	74	58	39	41	14	17	0	7	0	5	1	494	22.4	107
0.8 a 1.0	3	19	23	62	75	33	25	16	14	23	3	4	7	0	0	0	307	13.9	98
1.0 a 1.2	3	1	16	50	44	20	11	2	3	2	3	3	0	0	0	0	158	7.2	87
1.2 a 1.4	0	0	15	11	42	5	4	0	0	0	1	0	1	0	0	0	79	3.6	82
1.4 a 1.6	0	0	3	3	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0.5	73
Total	43	97	144	375	402	302	194	176	124	125	65	49	32	19	22	29	2198		
Porc.	2	4.4	6.6	17.1	18.3	13.7	8.8	8	5.6	5.7	3	2.2	1.5	0.9	1	1.3			
Vel. méd.	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.6	0.3	0.4	0.3			
Vel. máx.	1	1.2	1.4	1.5	1.4	1.6	1.2	1.1	1	1.1	1.2	1.2	1.2	0.5	0.7	0.7			
Perct.(0.9)	0.8	0.8	1.2	1	1.2	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.4	0.6	0.4			

A Figura 11 apresenta o diagrama tipo stick plot referente aos dados de vento local, para o período de 1o de janeiro a 31 de dezembro de 2005, coletados no porto. Observa-se a predominância dos ventos alísios, provenientes do quadrante E.

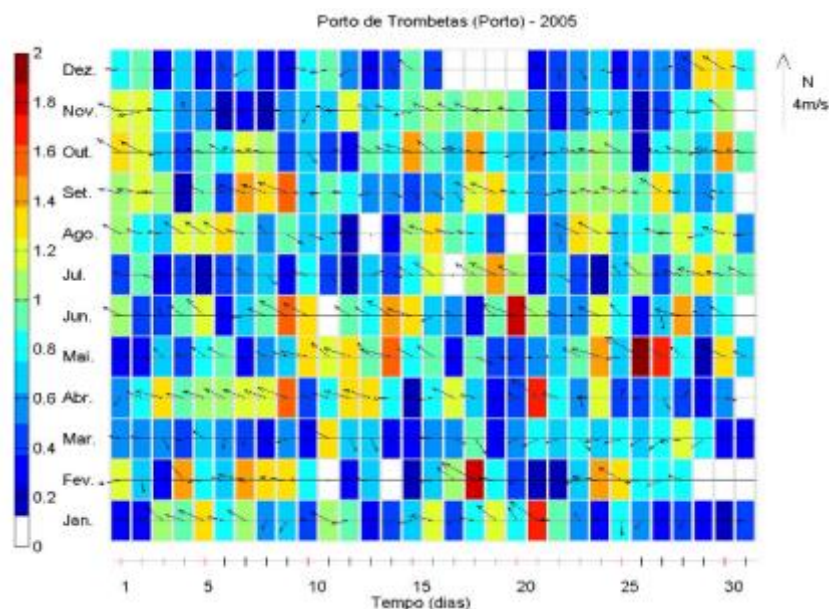


Figura 11 - -Diagrama stick plot de dados de vento local coletado no porto para o período de 1o de janeiro a 31 de dezembro de 2005, com intervalo de amostragem dt=20min (convenção vetorial).

As figuras, a seguir, apresentam os histogramas direcionais dos dados de vento local (porto) para os períodos de cheia (abril a junho de 2005, Figura 11) e seca (outubro a dezembro de 2005, Figura 12). A direção apresentada refere-se ao norte geográfico e segue a convenção meteorológica, a intensidade está em m/s e a escala de cores representa o número de observações (N.Obs.). Observa-se que, em ambos os meses de cheia e seca, os ventos mais frequentes são provenientes do quadrante leste-sudeste (intensidades próximas a 2,0 m/s) e de oeste-nordeste (intensidades próximas a 1,0 m/s). Os ventos de oeste-nordeste, que não são observados nas análises do NCEP, são provenientes do sistema de ventos termicamente induzidos, associados à circulação local, mais especificamente aos sistemas de brisas de lagos e rios, observados em rios da Amazônia (Oliveira & Fitzjarrald, 1993, 1994; Silva Dias et al., 2004; D'Auria, 2004). Como mostra a Figura 15, o sistema de brisas locais apresenta período diurno, com ventos do quadrante leste atuando nas horas mais quente do dia e no início da noite, com inversão para o quadrante oeste por volta da meia-noite, atuando nessa direção durante o restante da noite e o início da manhã.

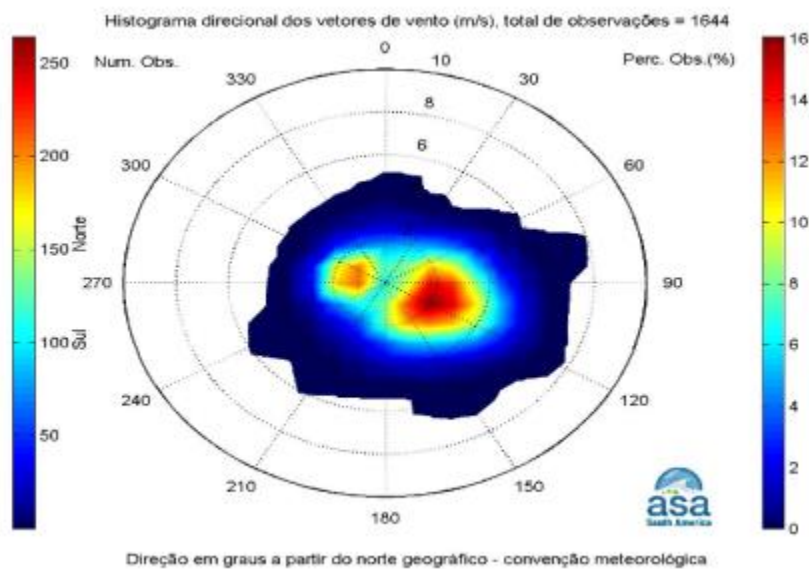


Figura 12 -Histograma direcional dos vetores de vento local coletado no porto para o período de cheia (01/04 a 30/06 de 2005), com intervalo de amostragem de 20min.

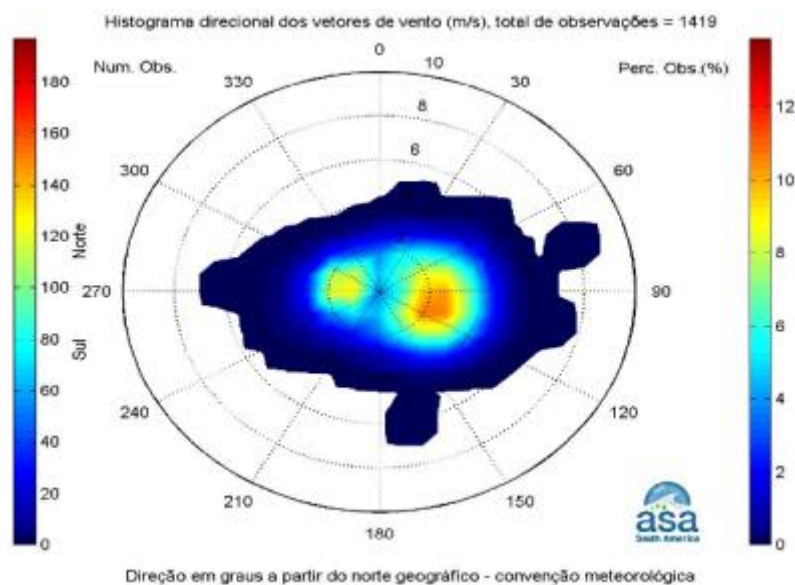


Figura 13 -Histograma direcional dos vetores de vento local coletado no porto para o período de seca (01/10 a 31/12 de 2005), com intervalo de amostragem de 20min.

Em função da relevância de se ter dados referentes a vento da região de estudo confirmamos os dados referentes a vento obtidos em Oriximiná.

As figuras 11,12 e 13 também são do relatório : Análise dos ventos da Região do Rio Trombetas - ASA

A Tabela 4 apresenta a freqüência de ocorrência conjunta entre intensidade e direção dos ventos para o período de cheia (abril, maio e junho). Os ventos mais freqüentes vieram de ESE (16,1%).

O vento com maior velocidade média veio de ESE (2,9 m/s), direção na qual também foram registrados os ventos mais intensos (6,3 m/s). Do total de registros de ventos, 90% têm intensidades iguais ou inferiores a 4,5 m/s, como indicam os percentis apresentados na tabela. A Tabela 5 apresenta a freqüência de ocorrência conjunta entre intensidade e direção dos ventos para o período de seca (outubro, novembro e dezembro). Os ventos mais freqüentes vieram de ESE (13,9%) e os ventos com maiores velocidades médias vieram de ESE (2,7 m/s) e E (2,6 m/s). Os ventos mais intensos registrados foram provenientes de ESE (6,5 m/s). Do total de registros de ventos, 90% têm intensidades iguais ou inferiores a 3,9 m/s, como indicam os percentis apresentados na tabela 4.

Tabela 4-Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção (°)dos ventos locais (porto), no período de 1o de abril a 30 de junho de 2005, com intervalo de amostragem dt=20min (convenção meteorológica)

Veloc.(m/s)	N	NN E	N E	EN E	E	ES E	S E	SS E	S	SS W	S W	WS W	W	WN W	N W	NN W	Tot .	Per c.	Dir.Méd.
0.0 a 0.5	9	10	14	15	13	12	10	8	5	12	11	37	38	38	19	7	258	15.6	284
0.5 a 1.0	11	7	10	21	6	11	8	12	5	11	8	25	48	28	9	5	225	13.6	273
1.0 a 1.5	12	17	14	14	15	16	19	28	12	10	8	9	69	47	9	8	307	18.5	267
1.5 a 2.0	7	11	7	26	27	24	30	28	5	6	3	7	19	18	6	9	233	14.1	109
2.0 a 2.5	1	6	8	22	22	29	31	14	6	2	6	0	6	5	2	4	164	9.9	110
2.5 a 3.0	0	1	1	24	28	45	28	12	3	9	0	2	0	2	2	0	157	9.5	114
3.0 a 3.5	0	0	1	13	28	38	20	12	7	3	1	0	1	0	1	3	128	7.7	114
3.5 a 4.0	1	0	0	3	17	32	16	2	2	0	0	0	0	0	0	0	73	4.4	113
4.0 a 4.5	0	0	0	2	12	25	9	0	1	0	0	0	0	0	0	0	49	3	110
4.5 a 5.0	0	0	0	0	5	18	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	26	1.6	113
5.0 a 5.5	0	0	0	1	3	13	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	20	1.2	116
5.5 a 6.0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.1	135
6.0 a 6.5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.1	120
Total	41	52	55	141	176	264	175	114	46	54	37	81	181	138	48	36	1643		
Porc.	2.5	3.2	3.3	8.6	10.7	16.1	11	7.2	2.8	3.3	2.3	4.9	11	8.4	2.9	2.2			
Vel. méd.	1	1.2	1.2	1.9	2.5	2.9	2.4	1.8	1.8	1.4	1	0.7	1	1	0.9	1.4			
Vel. máx.	3.7	2.8	3	5	5.4	6.3	5.9	5.4	4	5.1	3.2	5	3.1	2.9	3	3.4			
Perct.(0.9)	1.5	2	2	3	4	4.5	3.5	3	3	2.5	2	1.5	1.5	1.5	1.8	2			

A Tabela 6 apresenta a freqüência de ocorrência conjunta entre intensidade e direção dos ventos para o período de cheia (abril, maio e junho). Os ventos mais freqüentes vieram de SE (19%). Os ventos com maiores velocidades médias vieram de SE (2,5 m/s). Os ventos mais intensos registrados foram provenientes de SE (5,4 m/s) e ESE (5,1 m/s). Do total de registros de ventos, 90% têm intensidades iguais ou inferiores a 4,5 m/s, como indicam os percentis apresentados na tabela.

Os ventos mais freqüentes vieram de NE (15%) e os ventos com maiores velocidades médias vieram de ENE (1,9 m/s), E e SE (1,8 m/s). Os ventos mais intensos registrados foram provenientes de SSE (4,8 m/s). Do total de registros de ventos, 90% têm intensidades iguais ou inferiores a 3,0 m/s, como indicam os percentis apresentados na tabela 7.

Tabela 5- Apresenta a freqüência de ocorrência conjunta entre intensidade e direção dos ventos para o período de seca (outubro, novembro e dezembro).

Veloc.(m/s)	N	NN E	N E	EN E	E	ES E	S E	SS E	S	SS W	S W	WS W	W	WN W	N W	NN W	Tot .	Per c.	Dir.Mê d.
0.0 a 0.5	60	46	35	28	33	21	28	6	6	8	10	1	0	2	14	12	310	21.5	50
0.5 a 1.0	22	33	29	22	33	28	21	10	3	4	4	3	3	3	3	3	224	15.5	73
1.0 a 1.5	14	26	27	24	30	19	26	8	8	2	0	0	0	2	2	7	195	13.5	74
1.5 a 2.0	15	22	35	26	31	21	24	7	1	1	4	1	0	1	2	3	194	13.4	72
2.0 a 2.5	7	11	26	24	22	20	34	15	4	2	0	0	0	1	0	2	168	11.6	93
2.5 a 3.0	1	4	15	23	21	25	26	6	1	0	1	0	0	0	2	1	126	8.7	95
3.0 a 3.5	1	0	5	10	7	23	29	9	0	0	0	0	0	0	0	0	84	5.8	113
3.5 a 4.0	0	0	0	0	11	20	24	5	2	0	0	0	0	0	0	0	62	4.3	122
4.0 a 4.5	0	0	0	0	4	13	21	1	0	0	0	0	0	0	0	0	39	2.7	123
4.5 a 5.0	0	0	0	0	0	3	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	1.4	129
5.0 a 5.5	0	0	0	0	0	2	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	1.2	130
Total	120	142	172	157	192	195	266	67	25	17	19	5	3	9	23	28	1440		
Porc.	8.3	9.9	12	10.9	13.3	13.5	19	4.7	1.7	1.2	1.3	0.3	0.2	0.6	1.6	1.9			
Vel. méd.	0.8	0.9	1.3	1.5	1.6	2.1	2.5	1.9	1.3	0.7	0.7	0.8	0.7	1	0.6	0.9			
Vel. máx.	3	2.6	3.3	3.4	4.2	5.1	5.4	4	3.8	2.2	2.6	1.5	0.8	2.2	2.5	2.6			
Perct.(0.9)	1.5	2	2.5	2.5	3	3.5	4.5	3	2.5	1.9	1.5	1.5	0.5	1.8	1.7	1.9			

Tabela 6- Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção (°) do vento local (mina), no período de 1o de outubro a 31 de dezembro de 2005, com intervalo de amostragem dt=1h (convenção meteorológica)

Veloc.(m/s)	N	NN E	N E	EN E	E	ES E	S E	SS E	S	SS W	S W	WS W	W	WN W	N W	NN W	Tot .	Per c.	Dir.Mê d.
0.0 a 0.5	62	44	28	15	26	18	15	10	8	21	10	7	5	7	12	24	312	20.2	32
0.5 a 1.0	26	43	40	26	24	23	9	6	4	11	12	6	4	2	5	10	251	16.2	52
1.0 a 1.5	23	37	30	24	21	16	21	8	2	8	15	2	2	2	5	18	234	15.1	55
1.5 a 2.0	28	34	26	31	38	22	19	8	7	4	5	3	0	1	3	10	239	15.5	65
2.0 a 2.5	8	24	35	32	40	23	23	9	1	4	2	3	2	0	0	1	207	13.4	79
2.5 a 3.0	5	11	42	28	31	21	9	4	1	5	1	1	0	0	0	0	159	10.3	75
3.0 a 3.5	0	1	20	28	20	15	8	3	4	5	0	1	0	0	0	0	105	6.8	88
3.5 a 4.0	0	0	4	7	5	2	5	2	0	3	0	0	0	0	0	0	28	1.8	100
4.0 a 4.5	0	0	1	1	1	1	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	8	0.5	120
4.5 a 5.0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0.1	183
5.0 a 5.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	152	194	226	192	206	141	112	51	27	62	46	23	13	12	25	63	1545		
Porc.	9.8	12.6	15	12.4	13.3	9.1	7.2	3.3	1.7	4	3	1.5	0.8	0.8	1.6	4.1			
Vel. méd.	0.9	1.1	1.7	1.9	1.8	1.7	1.8	1.6	1.3	1.3	1	1.1	0.8	0.6	0.7	0.8			
Vel. máx.	2.6	3.2	4.3	4.1	4.2	4.2	4.3	4.8	3.1	4.6	4.3	3	2.4	1.9	1.9	2.1			
Perct.(0.9)	1.5	2	3	3	3	3	3	3	3	3	1.5	2.1	2	1.2	1.5	1.5			

Nos três dados analisados foi possível observar a predominância dos ventos do quadrante leste, provenientes do sistema de ventos alísios. No entanto, os ventos locais mostraram-se mais intensos, principalmente os ventos medidos no porto. Esse padrão provavelmente é gerado pelo sistema de ventos termicamente induzidos, mais especificamente os sistemas de brisas de lagos e rios, observados na Amazônia (Oliveira & Fitzjarrald, 1993, 1994; Silva Dias et al., 2004; D'Auria, 2004). Os registros de ventos no porto mostram que esse sistema de brisas locais apresenta período diurno, com ventos do quadrante leste atuando nas horas mais quente do dia e no início da noite, com inversão para o quadrante oeste por volta da meia noite, atuando nessa direção durante o restante da noite e o início da manhã. Esse sistema está mais presente em situações de tempo estável. Como pôde ser observado nas análises, os principais fenômenos atmosféricos de mesoescala da região foram bem representados pelos dados de reanálise do NCEP, no entanto, devido a sua resolução espacial, os sistemas de ventos locais termicamente induzidos, como as brisas de rios e lagos, que apresentam área de atuação restrita às proximidades dos corpos hídricos, não foram representados.

11 – MODELAGEM MATEMÁTICA

De posse das informações listadas anteriormente, podemos tratar a questão da modelagem matemática da dispersão do óleo e da determinação das simulações probabilísticas, ou seja os resultados das simulações numéricas do transporte e dispersão de óleo diesel, MF-380 (óleo combustível) e BPF (óleo com baixo ponto de fluidez) provenientes de potenciais acidentes no Complexo Porto Trombetas da Mineração Rio do Norte, localizado no Rio Trombetas, município de Oriximiná, Estado do Pará.

A modelagem foi conduzida através da utilização de um sistema de modelos conhecido como OILMAP, desenvolvido pela Applied Science Associates (ASA), Inc. A caracterização dos padrões de circulação na região foi obtida a partir de resultados do ORTHOHYDRO, modelo numérico hidrodinâmico também desenvolvido pela ASA.

Para determinar os contornos de probabilidade de ocorrência do óleo na água e nas margens, foram realizadas simulações probabilísticas considerando duas condições

sazonais (cheia e seca), quatro pontos de risco (P1, P2, P3 e P4) e três volumes de derrame de óleo (600, 1.800 e 2.200 m³). A partir dos resultados dessas simulações probabilísticas foram selecionados os cenários determinísticos críticos para condições de cheia e seca, utilizando como critério a maior extensão de toque na linha das margens.

Como critério ambiental para apresentação dos resultados foram utilizados os intervalos de tempo especificados na Resolução do CONAMA no 398/08. Essa resolução estabelece o tempo máximo para a disponibilização de recursos de contenção/limpeza no local da ocorrência da descarga. O critério de parada, utilizado nas simulações, foi o tempo de 72 horas para o acompanhamento das manchas de óleo está associado às condições meteorológicas e fluviométricas vigentes durante o período que se sucede ao acidente, uma vez que, após o derrame, há uma evolução independente da condição inicial, influenciada principalmente pelas variações ambientais. O objetivo destas simulações é subsidiar a empresa na tomada de decisões para a implementação do Plano de Emergência Individual para as instalações da Mineração Rio do Norte S.A. (MRN) no Complexo de Porto Trombetas, localizado no município de Oriximiná (PA). Assim, são apresentados os resultados da modelagem numérica do transporte e dispersão de óleo diesel, MF-380 (óleo combustível) e BPF (óleo com baixo ponto de fluidez) a partir de potenciais derrames destes no Rio Trombetas, decorrentes de colisão ou naufrágio de navios na Bacia de Evolução, Terminal Principal (de bauxita), Píer do Óleo (Balsa BR) e na Bóia de Espera 01. As simulações foram conduzidas através da utilização de um sistema de modelos conhecido como OILMAP, desenvolvido pela Applied Science Associates (ASA), Inc. dos EUA. A ASA tem mais de 25 anos de experiência com utilização de ferramentas computacionais para estudos de impacto ambiental causados por acidentes com petróleo.

Para estudos de modelagem, como o realizado neste trabalho, são necessários:

- (a) um conhecimento detalhado das características geomorfológicas do local (morfologia da linha das margens e batimetria fluvial),
- (b) padrões de circulação local,
- (c) séries temporais de vento de longa duração e
- (d) caracterização físico-química do óleo.

Para a modelagem de transporte da mancha de óleo foram utilizados dados de vento provenientes de reanálise dos modelos meteorológicos NCEP/NCAR1. A caracterização dos padrões de circulação na região foi obtida a partir de resultados do modelo numérico hidrodinâmico ORTHOHYDRO, também desenvolvido pela ASA, e adaptado e implementado pela ASA SOUTH AMERICA.

O modelo matemático do sistema OILMAP inclui um modelo de trajetória e intemperismo (trajectory and fates) para óleo de superfície que prevê o transporte e a degradação do óleo a partir de derrames instantâneos e contínuos.

No OILMAP, a mancha de óleo é considerada como um conjunto de partículas lagrangianas contendo, cada uma delas, massa conhecida.

A empresa ASA define o vetor posição (X_t) de uma dada partícula, num determinado instante t , é definido como:

$$\vec{x}_{t=X_{t-\Delta t} + \Delta t \vec{U}_{oil}}$$

Onde ,

Δt = passo de tempo (s);

$X_{t-\Delta t}$ = posição em $t - \Delta t$;

\vec{U}_{oil} = velocidade da mancha (m/s).

A velocidade advectiva da partícula, \vec{U}_{oil} (m/s), é definida por:

$$\vec{U}_{oil} = \vec{U}_w + \vec{U}_t + \vec{U}_r + \alpha \vec{U}_e + \beta \vec{U}_\rho$$

Onde,

\vec{U}_w = componente da velocidade devido ao vento e às ondas (quando existente) (m/s);

\vec{U}_t = componente da velocidade devido às correntes de maré (m/s);

\vec{U}_r = componente da velocidade devido ao fluxo residual (m/s);

\vec{U}_e = componente da velocidade devido ao fluxo de Ekman (m/s);

\vec{U}_ρ = componente da velocidade devido ao *blowout* (m/s);

$\alpha = 0$ para derrame de superfície, 1 para sub-superfície;

$\beta = 0$ para derrame sem *blowout*, 1 para *blowout*.

A componente da velocidade advectiva devida às correntes de maré, \overrightarrow{U}_t , e ao fluxo residual, \overrightarrow{U}_r , são provenientes do modelo hidrodinâmico. A velocidade de deriva devida ao vento, \overrightarrow{U}_{wc} e \overrightarrow{V}_{wc} (m/s), componentes Leste-Oeste e Norte-Sul, respectivamente, são:

$$\overrightarrow{U}_{wc} = C_1 \overrightarrow{U}_w$$

$$\overrightarrow{V}_{wc} = C_1 \overrightarrow{V}_w$$

Onde,

\overrightarrow{U}_{wc} = componente Leste-Oeste da velocidade do vento (m/s);

\overrightarrow{V}_{wc} = componente Norte-Sul da velocidade do vento (m/s);

C_1 = fator de deriva (%).

O fator de deriva, C_1 , é constante (Lange & Hühnerfuss, 1978), podendo variar entre 1,0 e 4,5%, baseado em observações. Valores de 3 a 3,5% são mais freqüentemente utilizados para ventos moderados em áreas de mar aberto. Valores menores são mais utilizados em zonas costeiras protegidas, como estuários e baías. O valor *default* no modelo é 3,5%. Se as correntes de superfície, fornecidas pelo modelo hidrodinâmico (ou dados observacionais), já são forçadas pelo vento, então o fator de deriva deve ser reduzido. O ângulo de deriva é no sentido anti-horário da direção do vento (Hemisfério Sul). Assim, a velocidade de deriva devida ao vento, \overrightarrow{U}_{wc} e \overrightarrow{V}_{wc} (m/s), componentes Leste-Oeste e Norte-Sul, respectivamente, são:

$$\overrightarrow{U}_{wc} = \overrightarrow{U}_{wc} \cos \theta + \overrightarrow{U}_{wc} \sin \theta$$

$$\overrightarrow{V}_{wc} = \overrightarrow{V}_{wc} \cos \theta + \overrightarrow{V}_{wc} \sin \theta$$

Onde,

\overrightarrow{U}_{wd} = componente Leste-Oeste da velocidade devida à deriva do vento (m/s);

\vec{V}_{wd} = componente Norte-Sul da velocidade devida à deriva do vento (m/s);

θ = ângulo de deriva (°) constante ($\theta = C_c$). O valor default é zero.

Utilizando a formulação random walk para a dispersão horizontal, é possível simular os processos dispersivos que ocorrem numa escala de movimento inferior à escala de resolução do campo de corrente fornecido pelos dados e ou modelo hidrodinâmico (Okubo, 1971; Okubo & Ozmidov, 1970). As componentes da velocidade de dispersão da mancha, \vec{U}_{dd} e \vec{V}_{dd} , (m/s), são definidas (Bear & Verruijt, 1987) por:

$$\vec{U}_{dd} = \gamma \sqrt{\frac{6D_x}{\Delta t}}$$

$$\vec{V}_{dd} = \gamma \sqrt{\frac{6D_y}{\Delta t}}$$

Onde,

D_x = coeficiente de dispersão horizontal na direção Leste-Oeste (m²/s);

D_y = coeficiente de dispersão horizontal na direção Norte-Sul (m²/s);

Δt = passo de tempo (s);

γ = número aleatório entre (-1) e (1).

Os coeficientes de dispersão horizontal nas direções Leste-Oeste (D_x) e Norte-Sul (D_y) são, geralmente, iguais. O processo de espalhamento da mancha é representado pela formulação espesso-fino de Mackay et al. (1980a,b, 1982), utilizando-se a abordagem de mancha espessa. O OILMAP modela apenas a mancha espessa que contém mais de 90% da massa associada a mancha.

A taxa de mudança da área superficial para o espalhamento da mancha espessa (Mackay et al., 1980a), \tilde{A}_t (m²/s) é definido por :

$$\tilde{A}_t = \frac{dA_{tk}}{dt} = k_1 A_{tk}^{1/3} \left(\frac{V_m}{A_{tk}} \right)^{4/3}$$

Onde,

A_{tk} = área superficial da mancha (m²);

k_1 = taxa de espalhamento constante (s⁻¹);

V_m = volume da superfície da mancha (m³);

t = tempo (s).

A análise de sensibilidade deste algoritmo demonstrou que a solução é sensível ao número de partículas utilizadas. Com o objetivo de minimizar esta dependência, Kolluru (1992) derivou uma formulação, normalizando a solução para diferentes números de partículas superficiais.

A taxa de mudança da área superficial de uma única partícula (m²/s), é dada por:

$$\tilde{A}_{tk} = \frac{dA_{tk}}{dt} = k_1 A_{tk}^{1/3} \left(\frac{V_m}{A_{tk}}\right)^{4/3} \left(\frac{R_s}{R_c}\right)^{4/3}$$

Onde,

A_{tk} = área superficial de uma partícula (m²);

K_1 = taxa de espalhamento constante (s⁻¹);

V_m = volume de óleo de uma partícula (m³);

R_s = raio de uma partícula (m);

R_e = raio efetivo da superfície da mancha (m).

O raio efetivo da superfície da mancha R_e (m), (Kolluru, 1992) é dado por:

$$R_e = \left(\frac{1}{\pi} \sum_{n=1}^N A_{tk} \right)^{1/2}$$

A_{tk} = área superficial de uma partícula (m²);

N = número de partículas usadas para representar a superfície da mancha.

O processo de evaporação baseia-se na formulação analítica parametrizada em termos de exposição à evaporação (Mackay *et al.*, 1980b, 1982).

O modelo de Exposição à Evaporação (Stiver & Mackay, 1984) é uma aproximação analítica para a previsão do volume evaporado. O modelo utiliza informações da curva de destilação do óleo (curva PEV) para estimar os parâmetros necessários a esta equação analítica. A fração evaporada, F_v , é definida por:

$$F_v = \frac{\ln \left[1 + B \left(\frac{T_G}{T} \right) \theta \exp \left(A - \frac{B_0}{T} \right) \right]}{[T/BT_G]}$$

Onde,

T_0 = ponto de ebulição inicial (K);

T_g = gradiente da curva de destilação modificada;

T = temperatura do ambiente (K);

A, B = constantes adimensionais;

θ = exposição à evaporação.

A exposição à evaporação, θ , é definida por:

$$\theta = \left[\frac{K_m A_t}{V_0} \right]$$

Onde,

K_m = coeficiente de transferência de massa (m/s);

A_t = área da mancha (m²);

t = tempo (s);

V_0 = volume do derrame de óleo (m³).

Os dados da curva de destilação (T_0, T_G, A, B), para óleo cru, podem ser obtidos no Environment Canada's Oil Catalog (Whiticar *et al.*, 1992), ou através dos seguintes procedimentos :

1. T_0 (ponto de ebulição inicial) e T_G (gradiente) são obtidos plotando-se a temperatura de ebulição (T_B) com a fração do volume destilado (F_V) para um determinado tipo de óleo, como se segue:

$$T_B = T_0 + T_G + T_G F_V$$

2. A (ponto de intersecção com o eixo y) e B (declividade) são obtidos plotando-se o logaritmo natural da constante da Lei de Henry, H , com a temperatura de ebulição (T_B). A constante da Lei de Henry, H , é definida como a razão da concentração do óleo na fase de vapor com a fase líquida. É uma constante adimensional obtida através de experimentos em laboratórios e definida por:

$$H = PV/RT$$

Onde,

P = pressão do vapor do óleo (atm);

V = volume do óleo (m³);

R = constante universal dos gases;

T = temperatura ambiente (K).

H é comumente fornecido em unidades de atm - m³/mol, devendo ser dividido por RT para adimensionalizá-lo.

A relação entre H e $B T$ é:

$$\ln H = A - B \left(\frac{T_B}{T} \right)$$

Os valores de A e B são fornecidos no banco de dados do OILMAP e variam de 1 a 20 e de 7 a 18, respectivamente.

Os processos de entranhamento e arrastamento são modelados utilizando-se a formulação de Delvigne & Sweeney (1988) que, explicitamente, representa índices de injeção de óleo para dentro da coluna de água por gotículas de óleo.

O coeficiente de entranhamento ou arrastamento, como uma função da viscosidade do óleo, baseia-se em Delvigne & Hulsen (1994).

Delvigne & Sweeney (1988) desenvolveram uma relação para a taxa de entranhamento do óleo como uma função do tamanho da partícula de óleo, Q_d (kg/m²s), expressa como:

$$Q_d = C^* D_d^{0,57} S F_d^{0,7} \Delta d$$

Onde

C^* = constante empírica de entranhamento que depende do tipo de óleo e do estado do tempo;

D_d = energia dissipada da arrebentação da onda por unidade de área superficial (J/m²);

S = fração da superfície do mar coberta pelo óleo;

F = fração da superfície do mar atingida pela arrebentação das ondas;

d = diâmetro da partícula de óleo (m);

Δd = intervalo de diâmetro da partícula de óleo (m).

A constante de entranhamento, C^* , foi ajustada aos dados relatados em Delvigne & Hulsen (1994) como:

$$C^* = \exp(\alpha \ln(\mu/\rho) + b)$$

Onde,

μ = viscosidade do óleo (cP);

ρ = densidade do óleo (g/cm³);

$a = -0,1023$, $b = 07,572$ para $(\mu/\rho) < 132$ cSt;

$a = -1,8927$, $b = 16,313$ para $(\mu/\rho) > 132$ cSt.

O diâmetro médio da partícula, d_{50} (μ m), é definido por:

$$d_{50} = 1818(E)^{-0,5} \left[\frac{\mu}{\rho_0} \right]^{0,34}$$

onde

E = taxa de dissipação da energia da onda por unidade de volume (J/m³s),

com 10³ a 10⁴ para ondas em zona de arrebentação, 1 a 10 para

camada superficial, 10⁻¹ a 1 para estuários e 10⁻⁴ a 10⁻² para oceano

profundo;

μ = viscosidade do óleo (cP);

ρ = densidade do óleo (g/cm³).

O processo de entranhamento é muito sensível aos valores mínimo (d_{min}) e

máximo (d_{max}) do diâmetro da partícula (μ m), sendo:

$$d_{min} = 0,1d_{50}$$

$$d_{max} = 2,0d_{50}$$

A energia dissipada da onda, D (J/m^2), é:

$$D_d = 3,4 \times 10^{-3} \rho_w g H^2$$

onde

ρ_w = densidade da água (kg/m^3);

g = aceleração da gravidade (m/s^2);

H = raiz quadrada média da altura da arrebentação da onda (m).

A fração da superfície marinha impactada pela arrebentação das ondas por unidade de tempo, F , é:

$$F = 0,032(U_w - U_t)/T_w$$

Onde,

U_w = velocidade do vento 10 m acima da superfície do mar (m/s);

U_t = valor limite do vento para a quebra da onda (~5 m/s);

T_w = período de onda significativo (s).

O total da massa que sofre entranhamento na coluna d'água, M_e (kg), é:

$$M = \int_{d_{min}}^{d_{max}} Q_d dd$$

Onde,

A = área superficial da mancha (m^2);

dt = passo de tempo (s);

Q_d = taxa de entranhamento ($kg\ m^{-2}\ s^{-1}$).

A profundidade de intrusão, z_m (m), é:

$$Z_m = 1,5H_b$$

Onde,

H_b = altura da quebra da onda (m).

A velocidade de ascensão para cada tamanho de gotícula, W_i (m/s), é:

$$W_i = d_i^2 g (1 - \rho_o / \rho_w) / 18 \nu_w$$

Onde,

d_i = diâmetro da gotícula (m);

g = constante gravitacional (m/s²);

ρ_o = densidade do óleo (kg/m³);

ρ_w = densidade da água (kg/m³);

ν_w = viscosidade da água (m²/s).

Esta relação usa a Lei de Stokes e é válida para baixos valores de números de Reynolds ($Re < 20$).

A profundidade de mistura para cada tamanho de partícula, Z_i (m), é:

$$Z_t = \max \left[\frac{D_v}{W_t}, Z_m \right]$$

Onde,

D_v = coeficiente de dispersão vertical (m²/s).

O coeficiente de dispersão vertical, D_v (m²/s), é definido como:

$$D_v = 0,0015 W_{10}^2$$

Onde,

W_{10} = velocidade do vento a 10 m de altura (m/s).

A fração da massa que volta à superfície para cada tamanho de partícula, R_i , é dada por:

$$R_t = \frac{W_i d_t}{Z_t}$$

Onde,

dt = passo de tempo (s).

O processo de emulsificação do óleo, em função de perdas de evaporação e alterações na porcentagem de água na mistura, baseia-se em Mackay et al.

(1980a, 1982) e depende da composição do óleo e do estado do mar.

O método de emulsificação de Mackay et al. (1982) é implementado pelo usuário através dos valores dos parâmetros de entrada do coeficiente de viscosidade do mousse e uma taxa de emulsificação, que podem ser usados para diminuir a taxa em que a emulsificação está prevista para ocorrer.

O aumento exponencial do algoritmo da formação do mousse é apresentado em Mackay et al. (1980a, 1982). A taxa de água que é incorporada ao óleo, \check{F}_{wc} (s⁻¹), é dada por:

$$\check{F}_{wc} = \frac{dF_{wc}}{dt} = C_1 U_w^2 \left(1 - \frac{F_{wc}}{d_t}\right)$$

Onde,

U_w = velocidade do vento (m/s);

C_1 = constante empírica (2×10^{-6} para o óleo emulsificado; 0 para outros);

C_2 = constante que controla a quantidade máxima de água (0,7 para óleo combustível pesado e óleo cru);

F_{wc} = fração máxima de água no óleo (valor de entrada para caracterização do óleo) (s⁻¹).

A viscosidade do óleo emulsificado, μ (cP), é dada por:

$$\mu = \mu_o \exp \left[\frac{2,5 F_{wc}}{1 - C_o F_{wc}} \right]$$

Onde,

μ_o = viscosidade inicial do óleo (cP);

F_{wc} = fração máxima de água no óleo;

C_o = constante de emulsificação (~0,65).

O efeito da evaporação na viscosidade, μ (cP), é dada por:

$$\mu = \mu_o \exp[C_4 F_v]$$

Onde,

μ_o = viscosidade inicial do óleo (cP);

C_4 = constante (1 para óleo leve e 10 para óleo pesado);

F_v = fração evaporada da superfície da mancha.

A interação do óleo com o litoral e linha de margem é modelada com base em uma versão simplificada de Reed *et al.* (1989), que formula o problema em termos de uma capacidade de retenção dependendo do tipo da margem e de um índice de remoção exponencial. Estes processos foram parametrizados no OILMAP da seguinte forma:

- A grade que representa a linha de margem do OILMAP (grade *land-water*) pode conter diferentes informações sobre as capacidades de retenção de óleo para cada elemento de grade. A deposição ocorre quando uma partícula de óleo cruza a linha de margem e termina quando a capacidade de absorção da superfície especificada é atingida. As partículas de óleo que posteriormente atingem um elemento de grade costeira já saturada não permanecem na superfície da margem;
- O óleo depositado na linha de margem é exponencialmente removido com o tempo, retornando à coluna d'água numa maré enchente suficientemente alta para umedecer a superfície com o óleo, aliada a ação do vento;
- A fração de massa disponível para deposição na linha de margem, F_{sh} , é:

$$F_{sh} = \frac{A_{1g}}{A_s}$$

Onde,

A_{1g} = área de um elemento de grade;

A_s = área de uma partícula na superfície.

- A massa é depositada na grade da margem apenas se o total de massa acumulada é menor do que a capacidade de absorção de determinado elemento de grade. Esta capacidade de absorção para um determinado tipo de margem i , $M_{h,i}$ (kg), é:

$$M_{h,i} = \rho_0 t_i W_i L_{gi}$$

Onde,

i = parâmetro do tipo de margem;

ρ_0 = densidade do óleo depositado (kg/m³);

t_i = espessura máxima do óleo que pode ser depositada na margem
(varia de acordo com o tipo de margem e viscosidade do óleo);

W_i = largura do elemento de grade atingido pelo óleo;

L_{gi} = comprimento do elemento de grade atingido pelo óleo.

• A massa de óleo restante na margem em qualquer instante, M_R (kg), é

$$M_R = M_0 \left(1 - \exp\left(-\frac{t}{T}\right)\right)$$

Onde

M_0 = massa inicial do óleo depositado na margem (kg);

t = tempo (dias);

T = tempo de remoção dependente do tipo de margem (dias).

Para se fazer a modelagem matemática, os conjuntos de dados de entrada e parâmetros do modelo que definem um cenário são:

- Localização geográfica do ponto de derrame;
- Data e horário;
- Duração do derrame;
- Volume derramado;
- Tipo de óleo;
- Duração da simulação;
- Opções de resposta (e.g., barreiras, sobrevôo, dispersantes);
- Campo de correntes;
- Arquivo de dados meteorológicos;
- Opções de saída;
- Parâmetros de simulação;
- Número de partículas;
- Fator de vento;
- Coeficiente de dispersão horizontal;

- Passo de tempo do modelo;
- Passo de tempo do arquivo de saída;

Os resultados de cada simulação correspondem, então, a um único cenário, definido pelo arquivo de entrada de dados e parâmetros do modelo.

11.1 – Área de estudo

Definimos os terminais da Mineração Rio do Norte S.A. (MRN) estão instalados no Complexo de Porto Trombetas, na margem oeste do Rio Trombetas, localizado no município de Oriximiná (PA), como apresentado na Figura 18 como os pontos de eventuais incidentes ambientais, considerando as características de operação. Esta figura apresenta também a localização dos pontos de risco considerados na modelagem, conforme fornecido pela Hidroclean: P1 (Bacia de Evolução), P2 (Terminal Principal - bauxita), P3 (Pier do Óleo – Balsa BR) e P4 (Bóia de Espera).



Figura 14- Localização da área de estudo e dos pontos de risco

Um levantamento de informações pretéritas meteorológicas e hidrológicas foi realizado nas imediações da base e os resultados são apresentados neste relatório. Essa fase visou disponibilizar dados para a aferição do modelo hidrodinâmico e para a elaboração adequada dos cenários de deriva de óleo. A Figura 19 apresenta a localização das estações de medição dos dados pretéritos disponíveis.



Figura 15 - Localização das estações de dados pretéritos.

Os dados referentes a ventos estão descritos anteriormente, para as análises pluviométricas foram utilizados dados pretéritos de duas estações da ANA localizadas próximas ao Porto de Trombetas, conforme tabela 8.

Tabela 7- Estações da ANA que forneceram dados ao estudo.

RIO	ESTAÇÃO	NÚMERO	LATITUDE	LONGITUDE	PERÍODO
Trombetas	Porto Trombetas	156002	01°27'20,00''S	56°24'09,00''W	1999 a 2001
Trombetas	Cachoeira da Porteira - I (PCD INPE)	157000	01°04'30,00''S	57°03'06,00''W	1975 a 2001

Esses dados são relativos às médias dos totais mensais de precipitação e estão representados na Figura 20 -Precipitação média mensal na região do Rio Trombetas. Observa-se que os meses de março a maio são os mais chuvosos, com precipitação média em torno de 350 mm; o período mais seco vai de junho a agosto, com valores em torno de 130 mm. A média anual é de aproximadamente 210 mm.

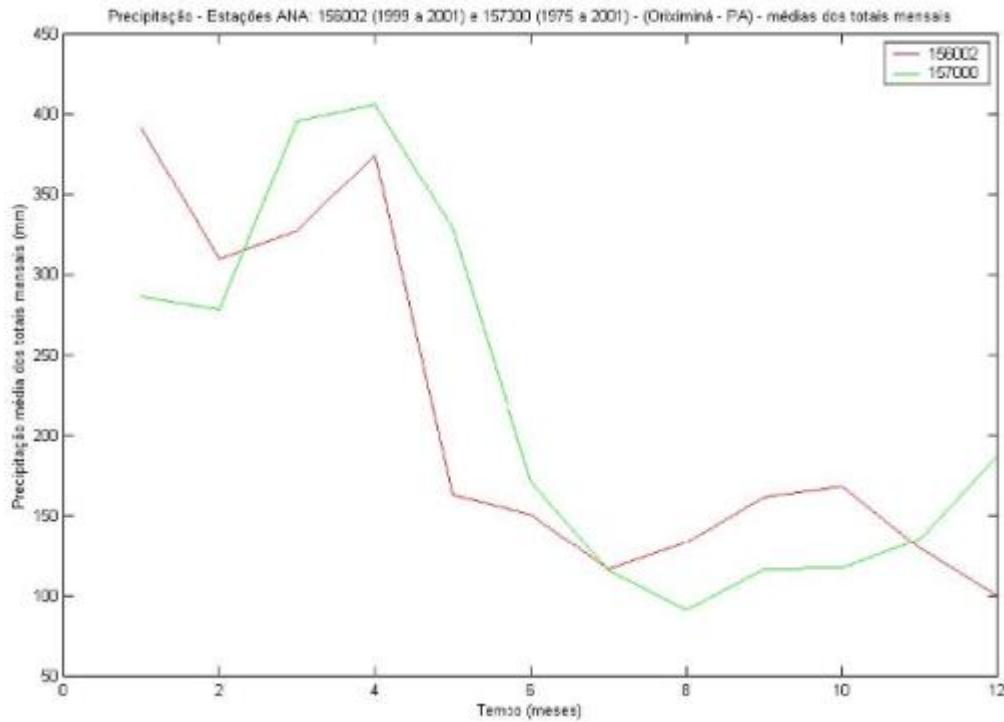


Figura 16 -Precipitação média mensal na região do Rio Trombetas.

Os dados de vazão utilizados na análise foram obtidos na base de dados pública da ANA³ para a estação Caramujo do Rio Trombetas (Tabela 9). A Figura 21 apresenta o ciclo sazonal de vazão climática desse rio para o período de 1987 à 1999. A vazão média para o período amostrado foi de 1.723,67m³/s.

Tabela 8 – características da estação Caramujo.

RIO	ESTAÇÃO	NÚMERO	LATITUDE	LONGITUDE	PERÍODO
Trombetas	Caramujo	16460000	01°03'54,00"S	57°03'41,00"W	1987 a 1999

³ Base de dados da Agência Nacional de águas – (HidroWeb – para a estação Caramujo).
<http://hidroweb.ana.gov.br/>

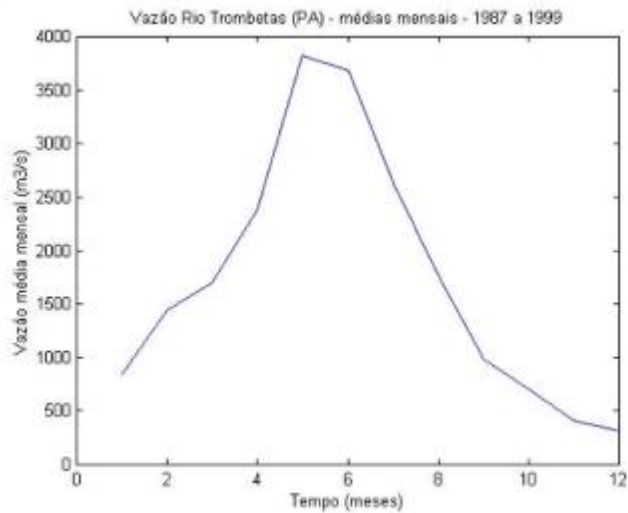


Figura 17 - Média mensal climática da vazão para a Estação Caramujo no Rio Trombetas.

Os dados de cota são provenientes da mesma estação da ANA em que foram obtidos os dados de vazão (Tabela 8). No entanto, para esta variável, a série temporal é menor (1995 a 1999). A Figura 22 apresenta o ciclo sazonal das cotas para o Rio Trombetas.

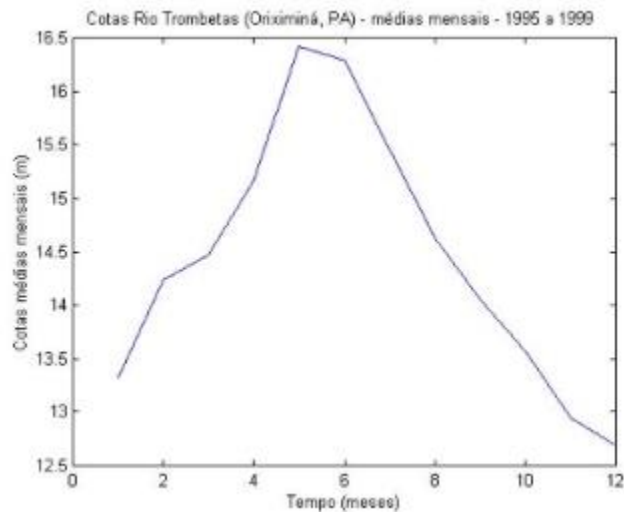


Figura 18-Média mensal climática da cota para a Estação Caramujo no Rio Trombetas.

11.2 – Modelagem Hidrodinâmica - Modelo Orthohydro

Um dos mais eficientes modelos de modelagem numérica empregando a acomodação de grades numéricas aos contornos terrestres (Swanson et. al., 1989; Huang & Spaulding, 1995; Muin & Spaulding, 1997) foi utilizado na simulação do sistema de correntes. A acomodação da grade numérica a linha de costa/margem permite uma apurada representação do corpo d'água em estudo. O sistema usado permite, ainda, o adensamento da grade numérica em regiões de maior interesse. O modelo pode ser aplicado em duas, ou três dimensões, dependendo da complexidade do estudo em questão. O modelo de acomodação da grade numérica a linha de costa/margem utiliza-se do acoplamento de um conjunto de equações de transformações quase-elípticas. Este procedimento permite mapear uma região horizontal multi-conectada (espaço físico arbitrário) em uma estrutura de grade regular, também no plano horizontal (Spaulding, 1984). No eixo vertical, o sistema de coordenadas sigma é utilizado. O uso de coordenadas sigma na vertical permite o escalonamento da coluna d'água local, em cada instante, desde a superfície livre até o fundo. O conjunto de equações tridimensionais (conservação de massa e conservação de quantidade de movimento) é resolvido neste “espaço transformado”. A solução numérica de tal sistema de equações é feita utilizando um eficiente sistema de algoritmos. Um sistema de algoritmos semi-implícito para o modo externo (média vertical – bidimensional) e um sistema de algoritmos explícito para a estrutura vertical (modo interno – tridimensional) (Swanson, 1986). Esta metodologia elimina a restrição temporal no eixo vertical.

As equações básicas são escritas em coordenadas esféricas, permitindo assim, uma representação adequada no caso de simulações de grandes regiões. A base do modelo é formada pelas equações de conservação de massa, quantidade de movimento (tridimensional) e termohalino (temperatura e salinidade). O fluido é assumido como sendo incompressível, com as equações hidrodinâmicas sob as aproximações de Boussinesq e hidrostática. O atrito horizontal é negligenciado.

As condições de contorno utilizadas pelo sistema WQMAP/ORTOHYDRO são:

- As componentes de velocidade normais aos contornos terrestres são nulas;
- a elevação da superfície livre, assim como os fluxos (inflow) de temperatura e de salinidade são especificadas nos contornos abertos;

- Os fluxos (outflow) de temperatura (calor) e de salinidade são advectados para o exterior do domínio do modelo nos contornos abertos;
- A condição de cisalhamento é aplicada no fundo;
- Não é permitida a transferência de temperatura (calor) na interface água–contorno terrestre (incluindo o fundo);
- A tensão de cisalhamento do vento e os termos de transferência de calor são aplicados na superfície livre;
- O balanço de calor na superfície inclui todos os mecanismos primários de interação com o ambiente. Estes mecanismos incluem: a) transferência de calor latente e sensível na interface água-atmosfera, e b) transferências de calor devido radiação (ondas longas e curtas) na interface água-atmosfera.

O modelo ORTHOHYDRO requer um conjunto de forçantes de contorno para cada passo de tempo. Neste estudo foram utilizadas como forçantes a série de vazão climática do Rio Trombetas, obtida da análise da série histórica para um período de 12 anos de amostragem na Estação Fluviométrica Caramujo , e os dados de reanálise dos ventos NCEP/NCAR. A grade geral implementada representa um compromisso entre os objetivos do projeto de modelagem final e a descrição dos processos hidrodinâmicos necessariamente definidos para a região de interesse, bem como entre os recursos computacionais e o tempo de processamento necessário. Uma grade computacional numérica com dimensões de 136x45 pontos foi implementada no ORTHOHYDRO para o canal principal e os principais lagos da planície de inundação, com espaçamento horizontal transversal ao eixo do rio variando de aproximadamente 25 a 90 m, e ao longo de seu eixo principal variando entre 240 e 3.000 m, de acordo com a complexidade geomorfológica do traçado e da calha do rio.

Os limites marginais do Rio Trombetas foram extraídos das cartas náuticas da DHN, nos 4.401A, 4.401B, 4.402A e 4.402B através de digitalização, sendo posteriormente ajustados com imagens de satélite. Segundo nota da DHN, os contornos marginais representados nas cartas náuticas utilizadas são relativos ao período médio entre seca e cheia.

Os dados de profundidade para a região foram obtidos através da digitalização dos valores batimétricos das cartas náuticas da DHN, nos 4.401A, 4.401B, 4.402A e

4.402B, visando o ajuste fino da batimetria à linha da margem e as camadas de sistemas de informações geográficas (SIG) utilizadas pelos modelos matemáticos implementados na região. Os resultados finais da discretização da área e projeção da batimetria estão ilustrados na Figura 23.

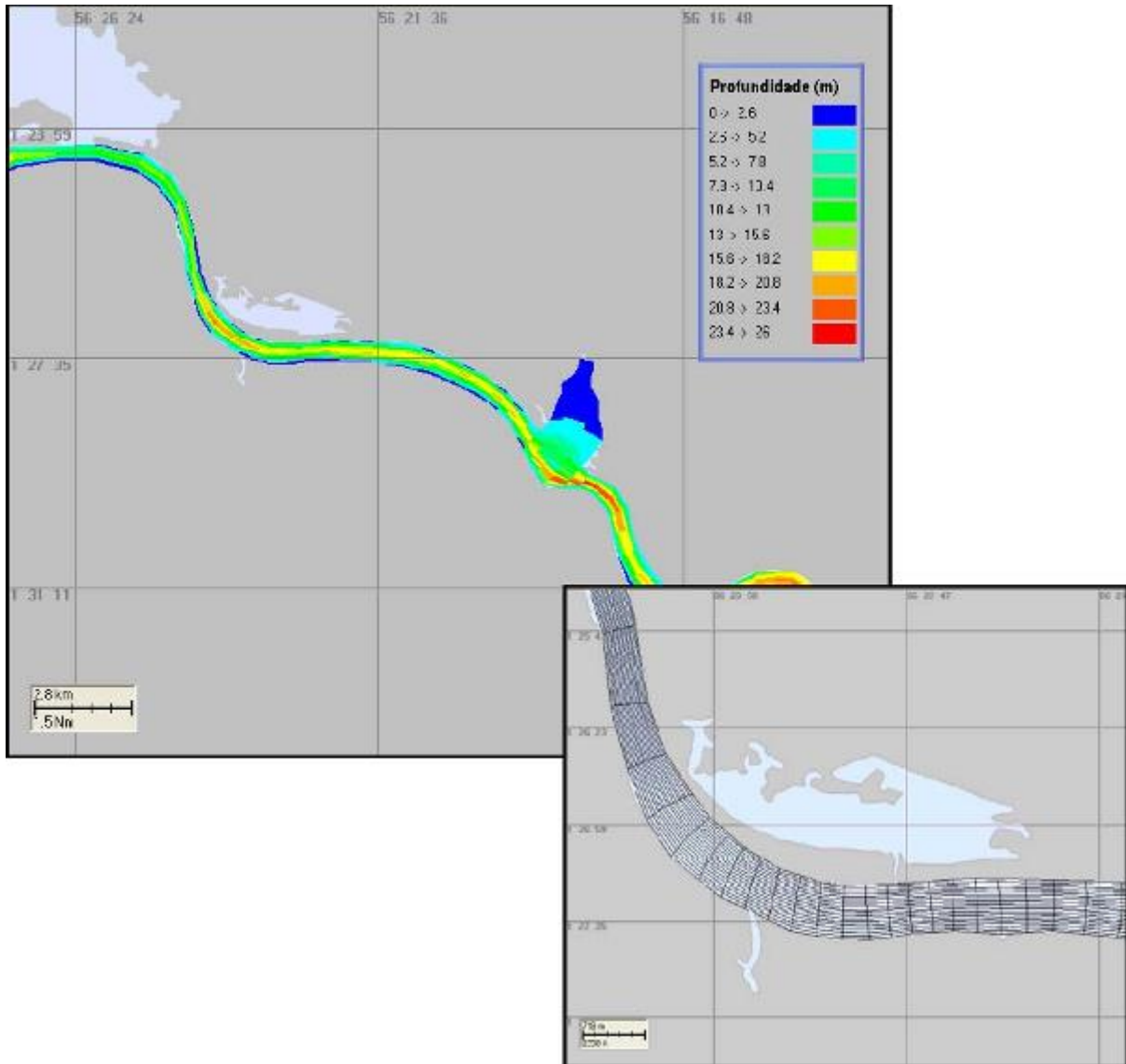


Figura 19 - Projeção da batimetria na grade computacional do modelo hidrodinâmico, com foco na região de estudo

As Figuras 23 e 24 apresentam campos de velocidades resultantes da modelagem na região do Porto Trombetas para os períodos de cheia e seca do rio, respectivamente.



Figura 20- Campo de vetores na região de Porto Trombetas na cheia



Figura 21 - Campo de vetores na região de Porto Trombetas na seca

11.3 – Modelagem de derrame de óleo

Na modelagem da trajetória e intemperismo do óleo foi utilizado o modelo OILMAP, desenvolvido pela ASA. Este modelo é uma ferramenta utilizada para o

acompanhamento e previsão do deslocamento e transformações químicas (trajectory and fates) de qualquer tipo de óleo derramado em acidentes com petróleo.

O OILMAP é um sistema de modelos, que pode ser utilizado em Planos de Contingência (Lima et al., 2003; ASA, 2003a,b,c), Planos de Emergência com acompanhamento em tempo real (Pereira et al., 2005), Planos de Emergência Individuais (ASA, 2003d, 2004), Relatório de Controle Ambiental (ASA, 2005a) e Estudos de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) no Brasil (ASA, 2005b) e em qualquer região do mundo (Jayko & Howlett, 1992; Spaulding et al., 1992a,b).

O OILMAP foi projetado em uma configuração modular de forma que diferentes tipos de modelos, bem como um conjunto de ferramentas sofisticadas de dados ambientais, possam ser acoplados dependendo do problema e da situação em estudo. Através de sua interface gráfica, o OILMAP permite ao usuário a especificação dos cenários; animação das trajetórias, correntes e vento; importar e exportar dados ambientais; a definição da grade computacional para qualquer área dentro do domínio; gerar correntes médias ou de maré; incluir ou editar as características dos óleos registrados no banco de dados; apresentar dados contidos em objetos georreferenciados (SIG); e determinar o impacto ambiental em recursos naturais. As funções do SIG permitem ao usuário a entrada, manipulação e exibição de objetos na tela através de pontos, linhas, e polígonos georreferenciados ao domínio definido pelo cenário. A cada objeto podem ser atribuídos dados em formato de texto, valores numéricos ou arquivos a partir de links externos.

O sistema OILMAP inclui os seguintes modelos: um modelo de deriva e intemperismo (trajectory and fates) para óleo de superfície e sub-superfície, um modelo de resposta a derramamento de óleo, modelo probabilístico, e um modelo receptor que através do método inverso localiza a origem do derramamento a partir de informações da posição da mancha.

Para elaboração de cenários de deriva para acidentes com petróleo deve ser definido um conjunto de duas grades computacionais, sobrepostas ao mapa digital da área de estudo. Uma das grades, compreendendo apenas a região de água, define o campo de circulação, podendo, neste caso, ser baseada em resultados de um modelo hidrodinâmico implementado na região de estudo. A outra grade (land-water) define quais as células, ou blocos, correspondem à área de terra e quais à área de água, com a interface definida pela linha da margem. A linha da margem é

representada por uma série de blocos que limita a extensão em que a mancha de óleo pode se movimentar em uma determinada direção, dependendo do tipo de margem (e.g. manguezais, praias arenosas, etc.).

O modelo de deriva de óleo prevê o transporte e intemperismo do óleo a partir de derrames instantâneos e contínuos. As estimativas demonstram a localização e concentração do óleo de superfície versus o tempo. O modelo estima a variação temporal da cobertura de área, espessura da mancha e viscosidade do óleo. O modelo também estima o balanço da massa de óleo ou a quantidade de óleo sobre a superfície da água, na coluna de água, evaporado, na margem, e fora da área de estudo versus o tempo. Os processos de transformações biogeoquímicas no modelo incluem dispersão, evaporação, entranhamento ou arrastamento, dispersão natural ou por suspensão e emulsificação. Em versão opcional, o OILMAP pode também calcular as interações do óleo com a camada de sedimentos e, no balanço de massa, a sedimentação associada a este processo.

A advecção e a dispersão são os processos físicos associados ao deslocamento e espalhamento do óleo, resultantes da ação combinada do vento, das ondas (em regiões oceânicas), de nível e dos fluxos induzidos por gradiente de densidade. O processo de advecção é modelado usando uma formulação lagrangiana e o processo de dispersão é modelado usando uma formulação do tipo random walk. A dispersão e o espalhamento da mancha são representados no modelo pela formulação espesso-fino de Mackay et al. (1980a, 1982), utilizando-se a abordagem de mancha espessa dos mesmos autores.

O processo de evaporação baseia-se na formulação analítica parametrizada em termos de exposição à evaporação (Mackay et al., 1980b, 1982). O modelo de Exposição à Evaporação (Stiver & Mackay, 1984) é uma aproximação analítica para a previsão do volume evaporado. O modelo utiliza informações da curva de destilação para estimar os parâmetros necessários à equação analítica.

Os processos de entranhamento e arrastamento são modelados utilizando-se a formulação de Delvigne & Sweeney (1988) que, explicitamente, representa índices de injeção de óleo para dentro da coluna d'água por gotículas de óleo. O coeficiente de entranhamento ou arrastamento, como uma função da viscosidade do óleo, baseia-se em Delvigne & Hulsen (1994).

O processo de emulsificação do óleo, em função de perdas de evaporação e alterações na porcentagem de água na mistura, baseia-se em Mackay et al. (1980a, 1982) e depende da composição do óleo e do estado do mar. O método de emulsificação de Mackay et al. (1982) é implementado pelo usuário através dos valores dos parâmetros de entrada do coeficiente de viscosidade do mousse e uma taxa de emulsificação que podem ser usados para diminuir a taxa em que a emulsificação está prevista para ocorrer.

A interação do óleo com o segmento de margem é modelada com base em uma versão simplificada de Reed et al. (1989), que formula o problema em termos de uma capacidade de retenção dependendo do tipo de margem e de um índice de remoção exponencial.

Utilizando-se o OILMAP em modo probabilístico, é possível considerar a variabilidade das forçantes ambientais. As simulações de derrame são realizadas através da variação aleatória do início do mesmo dentro do período para o qual se dispõe de dados meteorológicos e hidrológicos. Tanto os ventos quanto as correntes, ou ambos, podem variar estocasticamente. As múltiplas trajetórias são, então, utilizadas para a produção de curvas de contorno, demonstrando a probabilidade da presença de óleo em cada ponto da grade computacional (área de estudo). As probabilidades de presença de óleo e tempo de deslocamento da mancha podem ser correlacionadas a recursos naturais armazenados no banco de dados (SIG), de forma a auxiliar na avaliação de impactos ambientais em termos da probabilidade da presença de óleo em recursos importantes.

As simulações para a determinação da dispersão de óleo foram realizadas utilizando-se o modelo OILMAP no modo probabilístico, onde se considera a variabilidade das forçantes ambientais. Logo, as simulações de comportamento da mancha de óleo derramado foram realizadas através da variação das condições meteorológicas e hidrológicas, divididas em duas condições principais, correspondendo aos períodos de cheia e seca. Para que se pudesse incorporar a variabilidade dessas forçantes, foi realizada com o modelo OILMAP uma série de 300 simulações para cada cenário probabilístico. As Tabelas 9 e 10 apresentam um resumo dos cenários probabilísticos simulados neste estudo.

Tabela 9– Cenários Probabilísticos .

CENÁRIO	PONTO DE RISCO	PRODUTO	VOLUME (m³)	ESTAÇÃO DO ANO	TEMPO DE DERRAME (HORAS)	TEMPO DE SIMULAÇÃO (HORAS)
TR_P1_MF-380_CH_600_72H	P1	MF-380	600	Cheia	6	72
TR_P2_MF-380_CH_600_72H	P2	MF-380	600	Cheia	6	72
TR_P3_DIESEL_CH_1800_72H	P3	Diesel	1800	Cheia	6	72
TR_P3_BPF_CH_2200_72H	P3	BPF	2200	Cheia	6	72
TR_P4_MF-380_CH_600_72H	P4	MF-380	600	Cheia	6	72
TR_P1_MF-380_SC_600_72H	P1	MF-380	600	Seca	6	72
TR_P2_MF-380_SC_600_72H	P2	MF-380	600	Seca	6	72
TR_P3_DIESEL_SC_1800_72H	P3	Diesel	1800	Seca	6	72
TR_P3_BPF_SC_2200_72H	P3	BPF	2200	Seca	6	72
TR_P4_MF-380_SC_600_72H	P4	MF-380	600	Cheia	6	72

Tabela 10 Características destes cenários

CENÁRIO	PONTO DE RISCO	PRODUTO	VOLUME (m³)	ESTAÇÃO DO ANO	TEMPO DE DERRAME (HORAS)	TEMPO DE SIMULAÇÃO (HORAS)
DET_TR_P1_MF-380_CH_600_72H	P1	MF-380	600	Cheia	6	72
DET_TR_P2_MF-380_CH_600_72H	P2	MF-380	600	Cheia	6	72
DET_TR_P3_DIESEL_CH_1800_72H	P3	Diesel	1800	Cheia	6	72
DET_TR_P3_BPF_CH_2200_72H	P3	BPF	2200	Cheia	6	72
DET_TR_P4_MF-380_CH_600_72H	P4	MF-380	600	Cheia	6	72
DET_TR_P1_MF-380_SC_600_72H	P1	MF-380	600	Seca	6	72
DET_TR_P2_MF-380_SC_600_72H	P2	MF-380	600	Seca	6	72
DET_TR_P3_DIESEL_SC_1800_72H	P3	Diesel	1800	Seca	6	72
DET_TR_P3_BPF_SC_2200_72H	P3	BPF	2200	Seca	6	72
DET_TR_P4_MF-380_SC_600_72H	P4	MF-380	600	Seca	6	72

Os resultados das simulações probabilísticas mostraram que a área total com probabilidade de ocorrência de óleo na água é de, aproximadamente, 81,6 km². A extensão máxima com probabilidade de toque de óleo na margem é de cerca de 92,5 km (período de cheia) ao longo do Rio Trombetas. Nos resultados das simulações determinísticas observa-se que o deslocamento da mancha de óleo está

associado às condições meteorológicas e fluviométricas vigentes durante o período que se sucede ao acidente, uma vez que, após o derrame, há uma evolução independente da condição inicial, influenciada principalmente pelas variações ambientais.

As simulações no modo probabilístico visam a determinação da maior extensão que um derramamento contínuo do volume de pior caso de combustível possa alcançar. Para determinar os contornos de probabilidade de ocorrência do óleo na água e nas margens, foram conduzidas simulações probabilísticas considerando duas condições sazonais (cheia e seca), quatro pontos de risco e três volumes de derrame de óleo (P1: bacia de evolução, 600 m³ de MF-380, P2: terminal principal, 600 m³ de MF-380, P3: píer do óleo BR, 1800 m³ de óleo diesel e 2200 m³ de óleo BPF/OC-1A e P4: bóia de espera, 600 m³ de MF-380). A partir dos resultados dessas simulações probabilísticas foram selecionados os cenários determinísticos críticos para condições de cheia e seca, utilizando como critério a maior extensão de toque na linha das margens.

Os limites marginais do Rio Trombetas e seus dados de profundidade foram extraídos das cartas náuticas da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) de números 4.401A, 4.401B, 4.402A e 4.402B através de digitalização, sendo posteriormente ajustados com imagens de satélite. Segundo nota da DHN, os contornos marginais representados nas cartas náuticas utilizadas são relativos ao período médio entre seca e cheia, oriundos de plantas de 1976 a 1981.

De acordo com a modelagem (Anexo F), a área sob influência direta e indireta das atividades da Mineração Rio do Norte abrange uma área total de 81,6 Km², com extensão máxima de probabilidade de toque na costa de 92,5 km rio abaixo, em período de cheia.

Nas simulações probabilísticas, no período de cheia (abril a maio), o derrame de óleo, em qualquer um dos cenários, apresenta entre 60 e 75 km de extensão à jusante dos pontos de risco, sendo que as maiores probabilidades (superior a 70%) foram observadas em uma extensão de 10 a 20 km. No período de seca (novembro a dezembro), o óleo pode se estender até 7 a 15 km à jusante e até cerca de 2 km à montante dos pontos de risco. A extensão observada, em relação às maiores probabilidades (superior a 70%), foi de 1 a 3 km à jusante e de 0,5 a 1,5 km à montante dos pontos de risco. O óleo diesel foi o produto que apresentou as

menores extensões. A deriva do óleo observada à montante dos pontos de risco pode ocorrer devido às baixas velocidades das correntes (cerca de 7 cm/s) neste período, juntamente com a força dos ventos alísios de leste (contrário ao fluxo principal do rio) e com o processo de espalhamento do óleo, que é governado principalmente pelas forças gravitacionais e de tensão superficial.

As simulações determinísticas foram limitadas a um período de 36 horas após o início do derramamento. No período de cheia, o óleo pode atingir de 20 a 30 km de costa à jusante dos pontos de risco. No período de seca, o óleo atinge a costa em uma extensão entre 4 e 7 km à jusante e entre 200 m e 1 km à montante dos pontos de risco. Após 10 horas, em ambos períodos, mais de 70% de qualquer um dos tipos de óleo se encontram aderidos à costa, uma parte ainda se encontra na superfície da água e outra parte foi evaporada. No caso do óleo diesel, cerca de 20% sofreu evaporação.

De acordo com a modelagem, existe probabilidade do óleo penetrar no interior de alguns lagos/bacias, os quais possuem os acessos mais largos, como no caso dos lagos Mussurá e Araçá no período de cheia (Figura 3.1). No período de seca, apenas o Lago Mussurá apresentou probabilidade de entrada de óleo no caso de um derramamento na bóia de espera - P4 (Figura 3.2). Por serem ambientes lênticos, a deriva do óleo dentro dos lagos se dá principalmente pelo processo de espalhamento e pelo atrito com o vento. Devido à direção predominante do vento E-NE na região, há pequena probabilidade de toque no interior dos lagos com acessos mais estreitos. A probabilidade de contaminação é mais evidente nas áreas adjacentes à entrada.

A elaboração dos estudos permitiu montar um mapa de sensibilidade, uma representação gráfica da biodiversidade na área estudada e as comunidades como podemos ver nas figura 26.

Esta ferramenta tem por objetivo orientar os trabalhos de defesa ambiental, de forma a preservar as áreas sensíveis previamente identificadas. Podemos ter uma visão da sensibilidade ambiental ao óleo de toda a área de influencia do empresa.

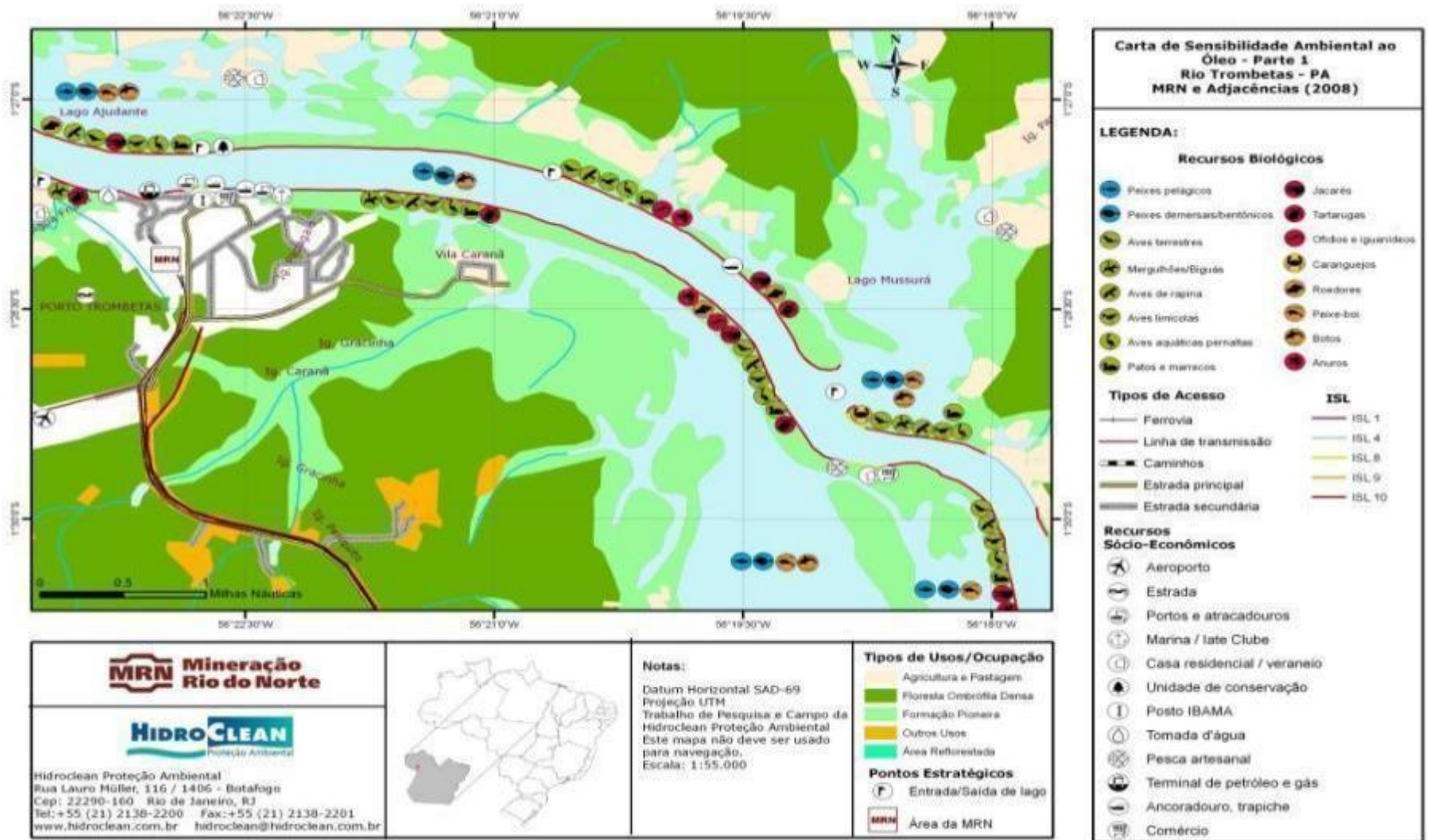


Figura 22 - Carta de sensibilidade ambiental ao óleo I

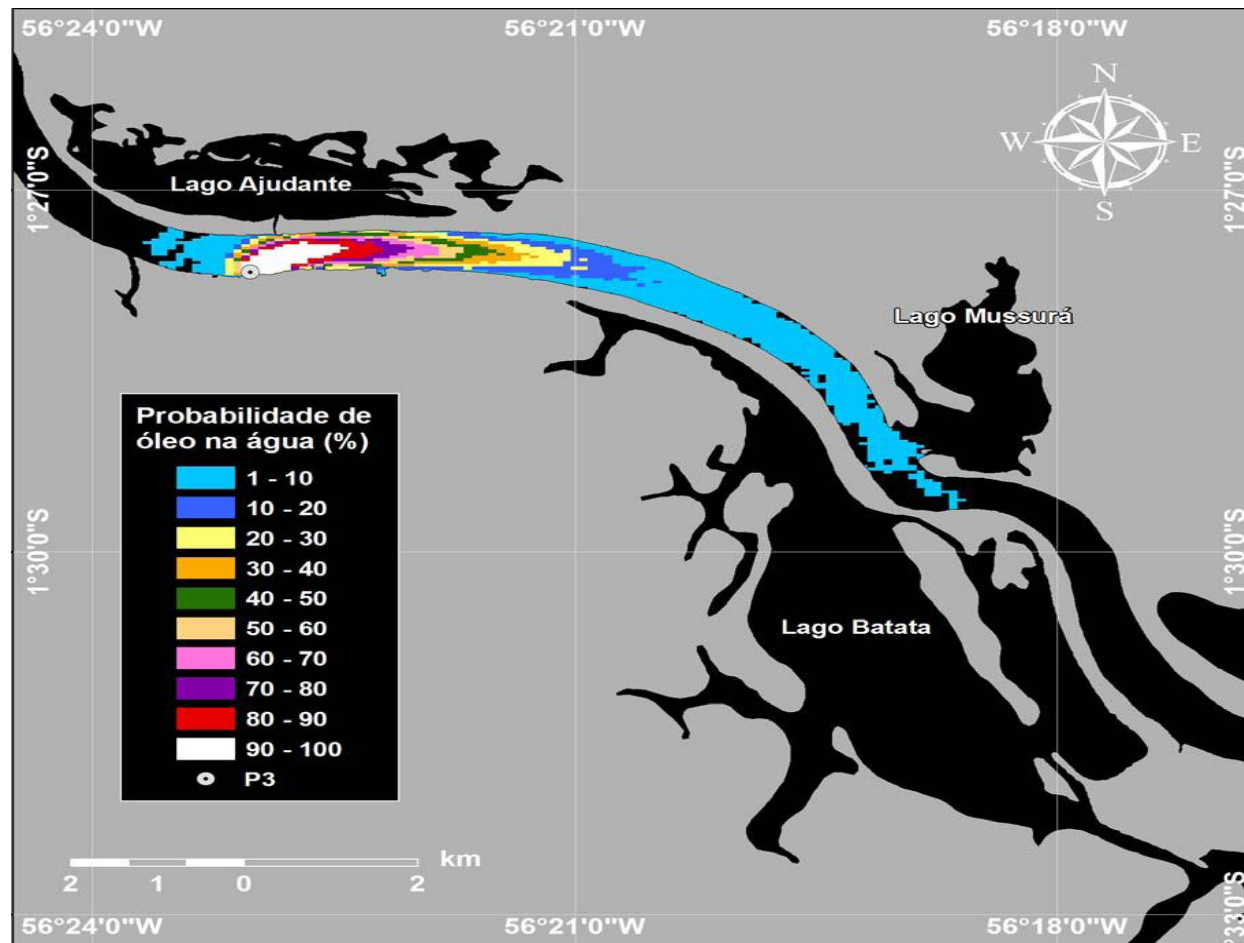


Figura 23 -Cenário TR_P3_BPF_SC_2200_72H. Contornos de probabilidade de óleo BPF na água para um acidente ocorrendo no ponto de risco P3 durante o período de seca (outubro a dezembro), com derrame de 2.200 m³ (ao longo de 6 horas), após 72

horas de simulação.

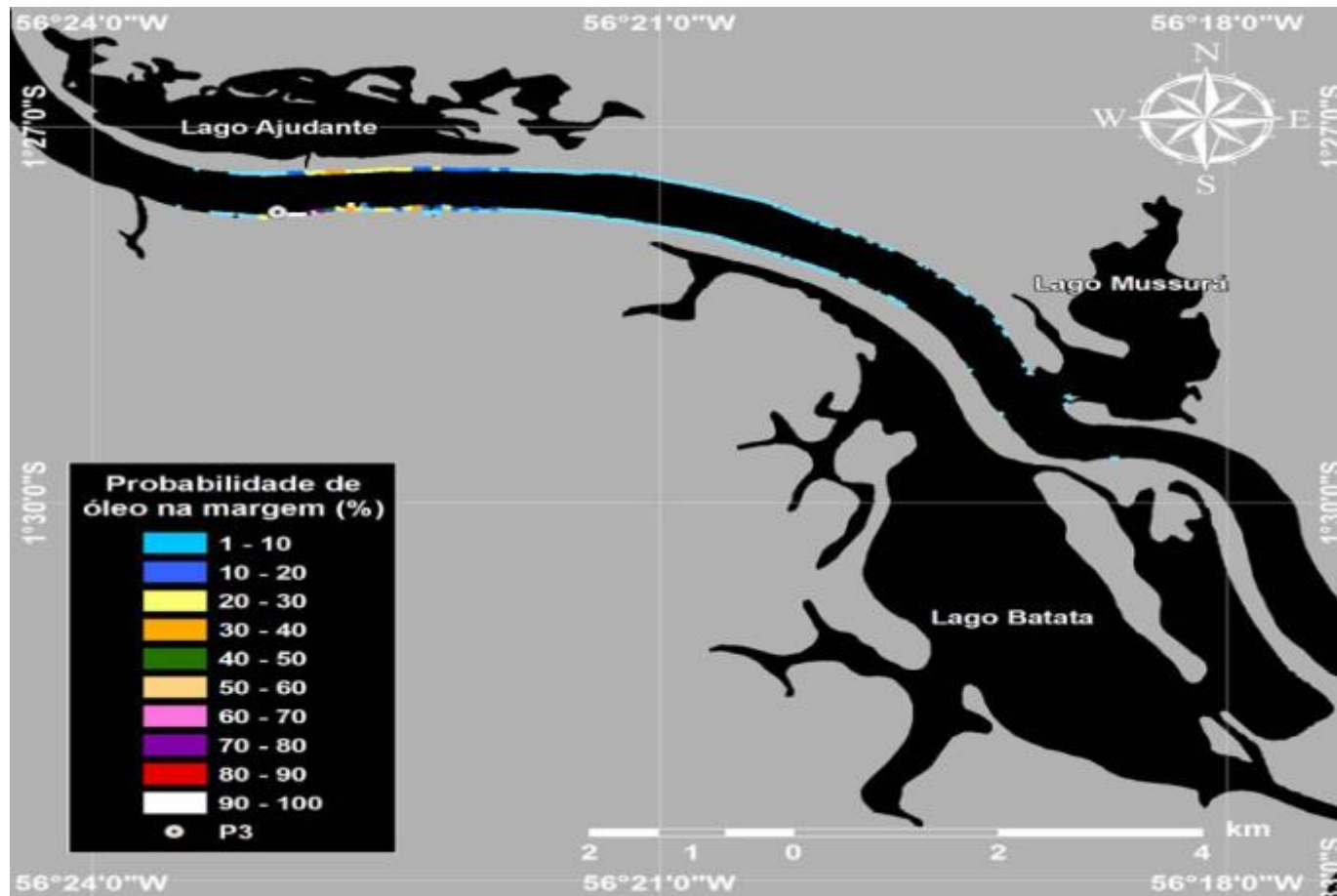


Figura 24 -Cenário TR_P3_BPF_SC_2200_72H. Probabilidades de toque de óleo BPF nas margens para um acidente ocorrendo no ponto de risco P3 durante o período de seca (outubro a dezembro), com derrame de 2.200 m³ (ao longo de 6 horas), após 72 horas de simulação.

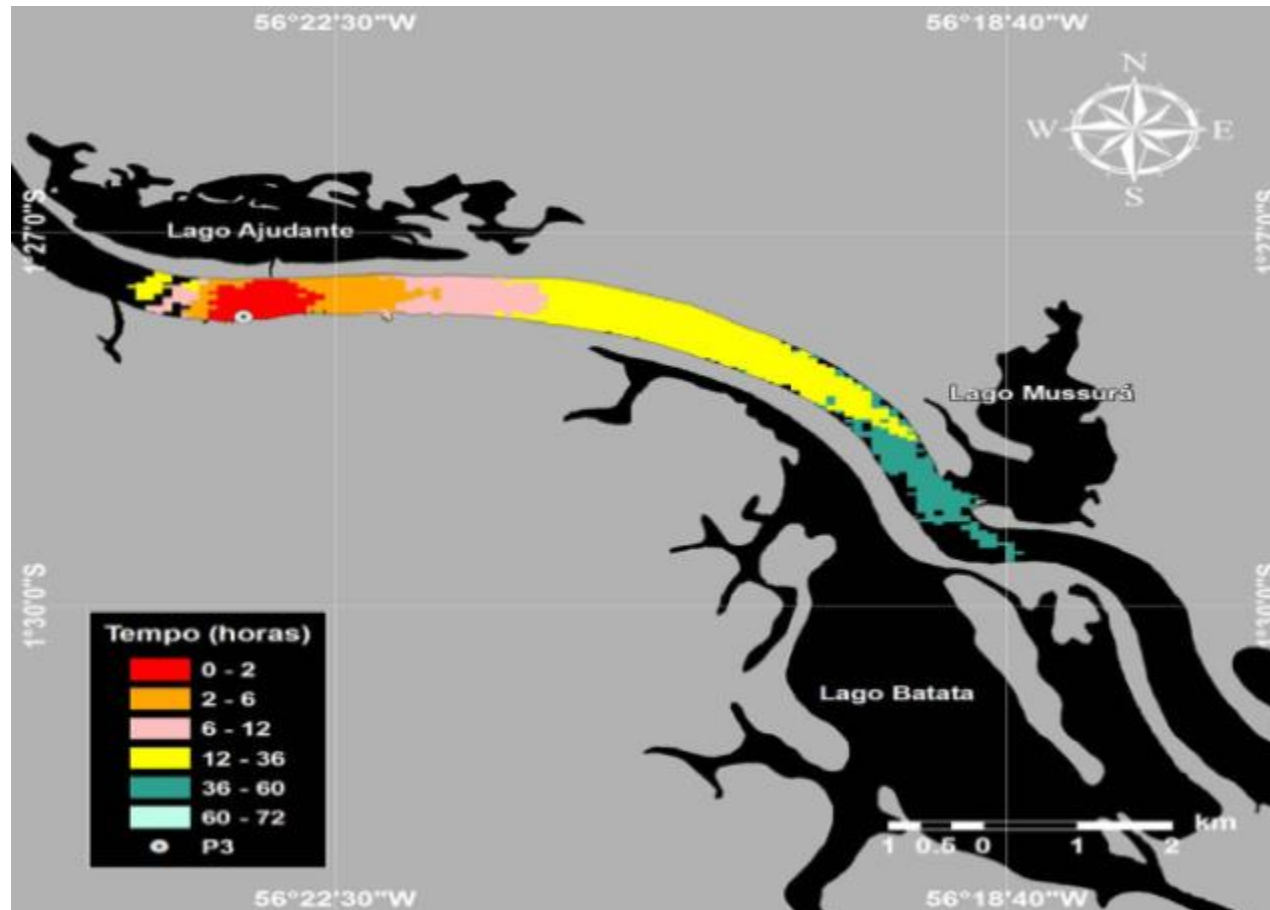


Figura 25-Cenário Cenário TR_P3_BPF_SC_2200_72H. Contornos de tempo de deslocamento do óleo BPF na água para um acidente ocorrendo no ponto de risco P3 durante o período de seca (outubro a dezembro), com derrame de 2.200 m³ (ao longo de 6 horas), após 72 horas de simulação.

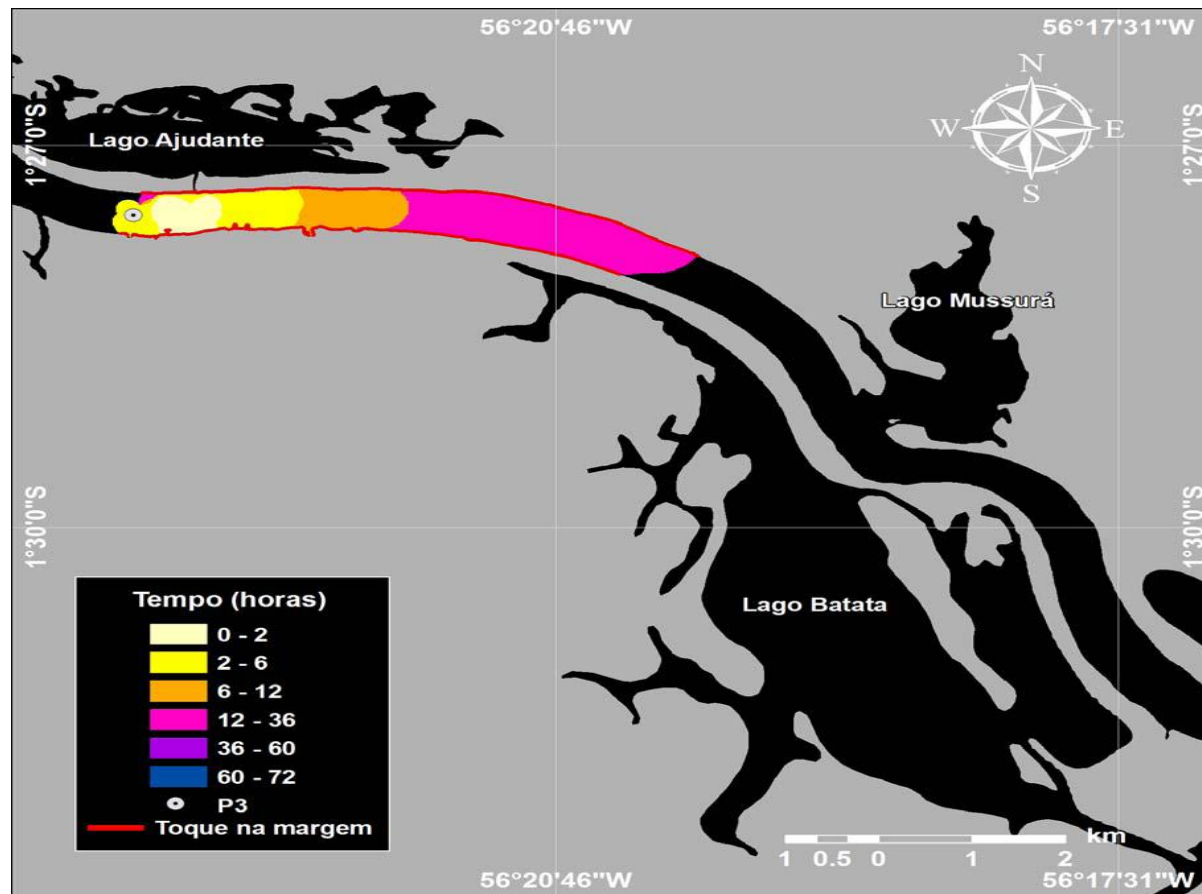


Figura 26- Cenário DET_TR_P3_BPF_SC_2200_72H. Cenário DET_TR_P3_BPF_SC_2200_72H. Contornos da evolução temporal da mancha de óleo BPF na água para um acidente ocorrendo no ponto de risco P3 para o cenário determinístico crítico de derrame de 2.200 m³ (ao longo de 6 horas), durante o período de seca (outubro a dezembro), até 72 horas após o início da simulação.

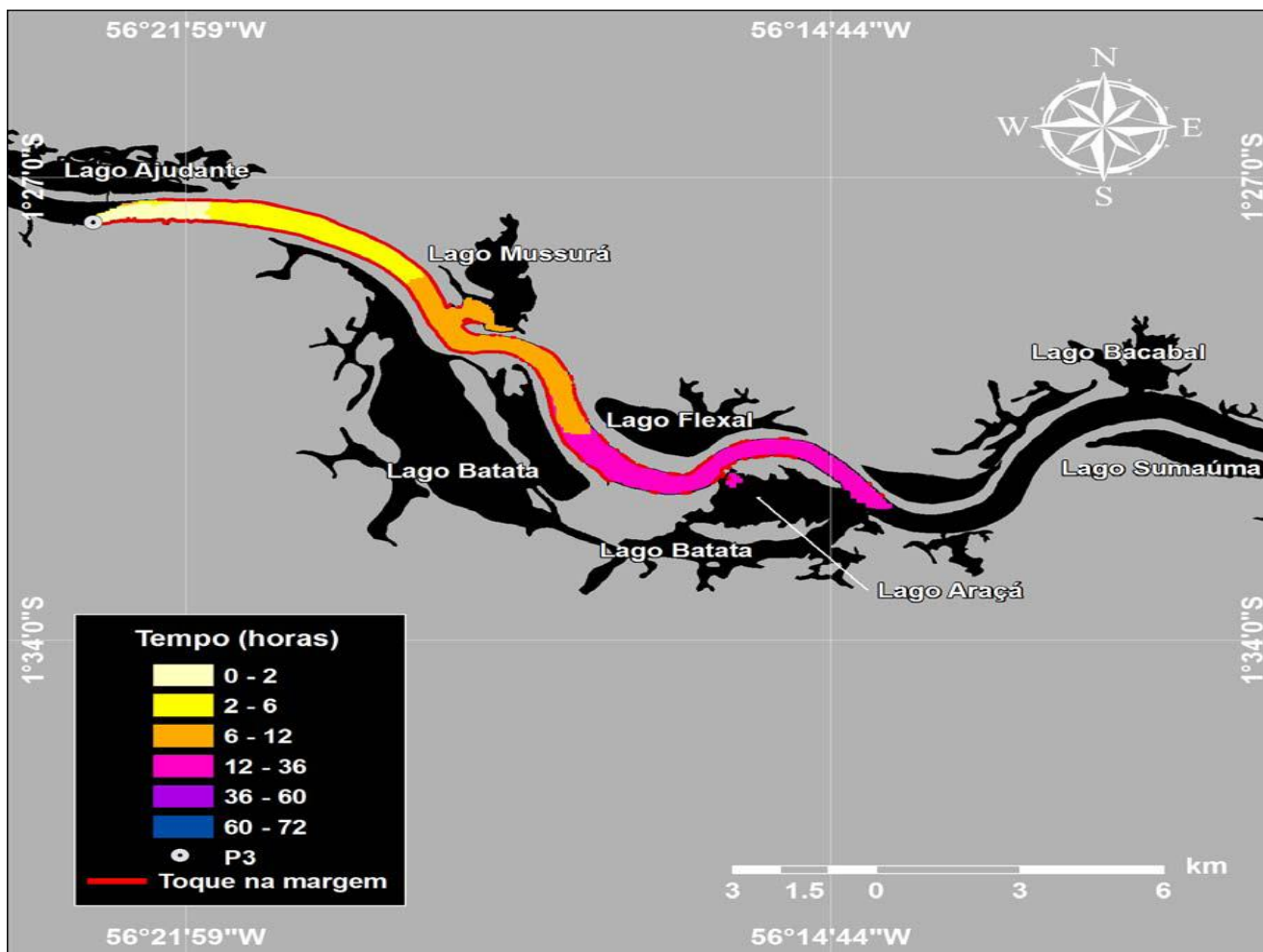


Figura 27 -Cenário DET_TR_P3_BPF_CH_2200_72H. Contornos da evolução temporal da mancha de óleo BPF na água para um acidente ocorrendo no ponto de risco P3 para o cenário determinístico crítico de derrame de 2.200 m³ (ao longo de 6 horas), durante o a cheia

A análise da carta de sensibilidade, e a elaboração da modelagem matemática da dispersão do óleo mais a análise de risco ambiental fornecem a empresa pontos relevantes para a definição de estratégias de defesa ambiental.

A modelagem da dispersão mostra o alcance real de uma mancha de óleo a partir de um cenário previamente determinado com as possibilidades de alcance do eventual impacto, podemos ver nas figuras 30 a 34 que grandes áreas são facilmente impactadas.

O potencial de impacto em rios é diverso do que vemos nos estudos em oceano, temos as particularidades dos lagos e varseas, além de um alto grau de biodiversidade.

12 – DISCUSSÕES

A elaboração de um plano de emergência analisada com os conhecimentos adquiridos ao longo de um curso de gestão ambiental torna possível a percepção dos riscos envolvendo o manuseio de derivados de petróleo.

A avaliação de impactos, a luz de uma análise de riscos pode ajudar o empreendimento a dimensionar recursos para mitigação destes impactos analisados. Em função da relevância do modal fluvial na Amazônia, temos um risco muitas vezes não avaliado, e por ainda não ter se materializado em um impacto de alta severidade a sociedade está alheia na forma de tratamento e prevenção. Estes impactos tem conseqüências sérias pois tem as dimensões da figura 36

	Meio Físico				Meio Biológico			
	Ar	solo		água	Flora	Fauna		
Aspecto Ambiental	Emissão Atmosférica	Movimentação de terra	resíduos sólidos	Efluentes líquidos	Erosão/Lixiviação	Desmatamento	Movimentação de equipamentos	Efluente líquido
Impacto Ambiental	Alteração da qualidade do ar	Desencadeamento de processos erosivos	Contaminação dos solos por resíduos diversos	Alteração da qualidade da água	Alteração da qualidade da água	Supressão da Vegetação	Perubação/evação da Fauna	Alteração da comunidade aquática

Figura 28 -Relação Simplificada de aspectos e Impactos indicando o potencial de

contaminação de hidrocarbonetos.

Depois de todo o processo de análise de riscos e de processar as informações de cunho ambiental dentro da metodologia da resolução CONAMA 398/2008 na forma de uma carta de sensibilidade e na determinação da descarga de pior caso conforme resolução CONAMA 398 a empresa precisou investir em três vetores: Treinamento de pessoal, aquisição de equipamentos e montar estrutura própria para se tratar eventos ambientais. Abaixo a figura 37 ilustra um dos treinamentos feitos para implantação do plano de emergência individual.



Figura 29- Treinamento dos Empregados na Resolução CONAMA 398 e em procedimentos de defesa ambiental.

Muito mais do que isto, em função de se operar em uma reserva biológica e em uma FLONA a MRN passou a exigir de suas embarcações graneleiras que se lacrassem os separadores de água e óleo das embarcações e os tanques sépticos, principais fontes de vazamento de óleo.



Figura 30- Detalhe de um lacre feito no separador de água e óleo de um navio graneleiro no porto da MRN



Figura 31 -Detalhe do Lacre.

Alem destas medidas a MRN passou a trabalhar com barreiras de contenção nas embarcações dos pontos identificados neste plano, sempre próximo ao tanque das embarcações de sorte que no processo de colocação destas barreiras pela operação portuária há sempre uma inspeção, garantindo a ausência de impactos ambientais , como vemos nas figuras 40 e 41. Além do que a MRN solicita aos navios graneleiros que estejam em dia com as obrigações referentes às auditorias ambientais internacionais exigidas pela Marinha Brasileira.



Figura 32- Barreira de contenção na popa onde estão instaladas a casa de máquina e os principais tanques



Figura 33-Barreira de contenção instalada em navio graneleiro

É muito importante ressaltar que todo o recebimento de combustível da MRN é feito em uma balsa com as barreiras de contenção.



Figura 34-Detalhe da balsa Barix com a barreira de contenção.

A MRN também montou uma sala de crise, e o plano teve como desdobramento uma série de procedimentos que a partir do volume de óleo detectado inicia uma série de atividades coordenadas para uma resposta eficaz, estas medidas tem como objetivo a mitigação do eventual impacto no menor tempo.

Para que isto fosse capaz a MRN fez um investimento elevado em equipamentos de defesa ambiental, as figuras 41 até 47 ilustram alguns destes equipamentos.

Outro ponto importante é que em função dos compromissos ambientais assumidos no processo de licenciamento, temos uma série de pontos de monitoramento hídrico que podem detectar a contaminação por óleo. Este monitoramento é apresentado semestralmente ao órgão ambiental, e faz parte da rotina de gestão ambiental da empresa.



Figura 35 -Bombas SPATE , em amarelo específicas para remover óleo de corpos hídricos.



Figura 36 -Recolhedor Mecânico para remoção de hidrocarbonetos de corpos hídricos.



Figura 37 -Recolhedor tipo Vortex - acoplado às bombas SPATE remove hidrocarbonetos de corpos hídricos



Figura 38-Barreiras de contenção - dimensionadas para igarapés



Figura 39 -Manta de absorção utilizada para remoção de hidrocarbonetos de corpos hídricos

Os recursos da MRN foram dimensionados para atender cenários com até 200m³ de derramamento de óleo,e está em processo de contratação uma empresa para nos apoiar caso haja um cenário superior.A tabela 11 mostra uma classificação para os cenários.

A empresa também dimensionou equipamentos para se trabalhar caso haja derramamento de óleo em igarapés.

Todo este processo só foi possível na medida em que demonstramos através da análise de riscos a necessidade de se contar com medidas de controle de forma estruturada.

Tabela 11 - Cálculo do CEDRO Requerido para os três tipos de descarga na MRN.

Descarga	Volume (m³)	CEDRO requerido (m³)		Capacidade Nominal dos recolhedores (m³/h)	Tempo de Resposta
<i>Pequena</i>	8	8		1,67	2h
<i>Média</i>	200	100		20,83	6h
<i>Pior caso</i>	2.200	<i>Nível 1</i>	320	66,67	12h
		<i>Nível 2</i>	640	133,33	36h
		<i>Nível 3</i>	1.140	237,5	60h

O que nos chama a atenção é o fato da MRN procurar se adequar às legislações de uma forma séria, assim como muitas empresas e poderemos ver o poder público em muitas cidades sem se preparar para eventos envolvendo derramamentos de derivados de petróleo.É importante citar que a empresa tem separadores de água e óleo em todas as suas oficinas e também adequou suas tancagens com bacias de contenção dimensionadas para conter todo o volume dos tanques,estas bacias de contenção tem inclusive impermeabilização.



Figura 40 -Tanque com área de contenção dimensionada para toda sua capacidade e impermeabilizada.

Em um estado onde o modal fluvial é um dos principais meios de transporte de pessoas e de cargas, onde a matriz energética é muito dependente de usinas termoelétricas existe uma exposição muito elevada a riscos ambientais e não vemos na sociedade e muitas vezes na esfera pública o devido preparo para situações emergenciais. Podemos ter uma noção da exuberância da Amazônia com as figuras 48 e 49. A ocupação humana trás a este meio muitos riscos. A figura 51 mostra uma grande cidade às margens de um grande rio.



Figura 41 -Típico Igarapé amazônico – Igarapé do Saracá



Figura 42 -População Ribeirina – Boa Vista

A figura 50 mostra uma cidade típica a beira de um corpo hídrico, ao longo do corpo Hídrico temos uma série de situações como pontos de captação de água, postos de abastecimento de combustível, porto de embarque de mercadorias e passageiros.

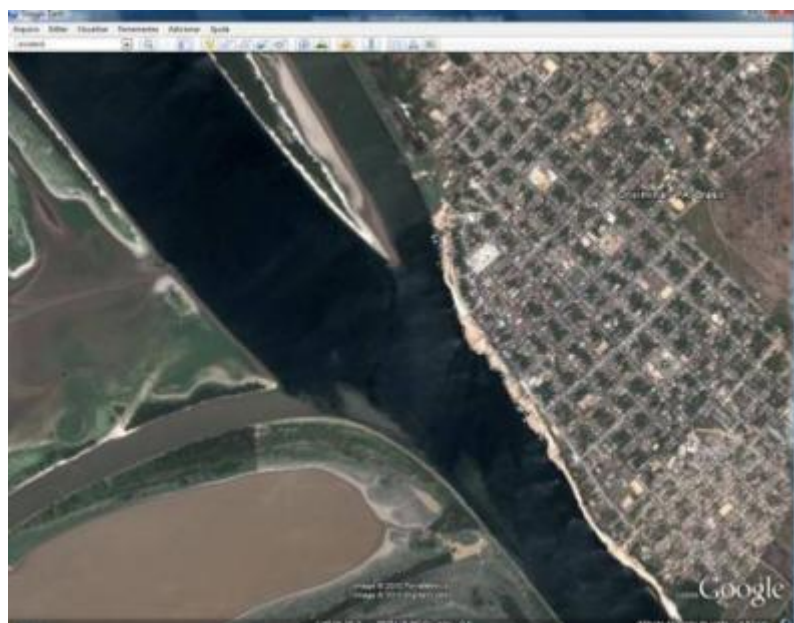


Figura 43 -Foto de satélite da Cidade de Santarém retirada do Google Earth

A maioria, senão a totalidade destas cidades tem a ausência de uma estrutura e de recursos para se tratar eventuais acidentes ambientais.

Como exemplo disto a figura 52 mostra os tradicionais postos de abastecimento com Três tanques de 40.000 litros de óleo diesel (120.000 litros) Mais dois tanques de 20.000 litros de gasolina (40.000 litros).



Figura 44- Balsa de abastecimento no meio do rio , em frente à cidade de Oriximiná



Figura 45- Porto de Oriximiná..



Figura 46 -Posto Fluvial de Terra Santa com capacidade de 45.000 litros de combustível,com casco simples em frente a outra cidade paraense.



Figura 47 -Operação comum de transferência de combustível para embarcação,em Terra Santa .

Se formos aplicar as técnicas de análise de riscos, e fizermos um estudo técnico constataremos uma série de operações na balsa, bem como uma série de possibilidade de acidentes ambientais, pois a frequência de eventos cotidianos é muito elevada. É de se esperar que estas embarcações tenham casco duplo, mas com a infinidade de postos em todo o norte, pode haver balsas sem este tipo de casco. Outro ponto é que não é apenas nas situações de colisão que pode ocorrer derramamento. Falhas humanas nas operações de transferência de combustível e mesmo abastecimento podem ocorrer. Geralmente estas balsas ficam em frente as cidades, e próximo a o porto com um intenso tráfego de navios. Ficam próximas a áreas ambientalmente sensíveis. Um evento adverso, ou mesmo o naufrágio de uma delas pode ter seqüelas catastróficas, pois a dispersão do óleo pode interromper a captação de água, pode gerar mortandade de peixes e podem se propagar em grandes dimensões geográficas. Não podemos deixar de registrar que é praticamente nulo o número de embarcações regionais com equipamentos de defesa ambiental, e existe um número elevado destas embarcações nos portos da nossa Amazônia. No Brasil temos uma dificuldade cultural em avaliar riscos, a nível nacional somente após o evento mostrado na figura 55, que ilustra o acidente ocorrido na refinaria de Manguinhos em 27 de novembro de 2001. Foi um vazamento de 100 mil litros de óleo na Baía de Guanabara, tão severo que pode ser visto de satélite.

Este evento sensibilizou a sociedade para que se constituíssem leis de defesa ambiental, que culminaram na resolução CONAMA 398/2008.

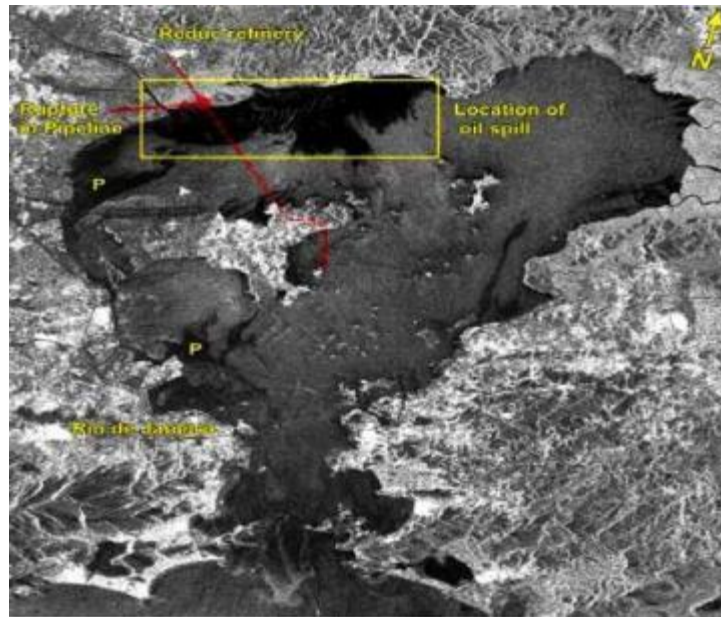


Figura 48 -Imagem de Satélite da Baía de Guanabara após vazamento da refinaria de manguinhos,imagem da Petrobras.

13- CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.

Durante a elaboração deste plano ,estive no meio do curso , e foi muito importante poder ver na prática as matérias que os professores nos apresentavam.

O processo de elaboração de um projeto para ser prevenção e realidade é extremamente motivante.Principalmente quando a gente tem a possibilidade de vivenciar o processo por inteiro, é um sonho profissional estudar um risco e mitigá-lo. O Brasil tem vivido um crescimento econômico vigoroso principalmente na industria do petróleo ,e infelizmente as atenções da sociedade ficam focadas em grandes empreendimentos.

Quando se elabora um plano como este, vemos a significância dos riscos envolvidos,e em também vemos como toda biodiversidade amazônica e as populações ribeirinhas podem ser atingidas.

Estamos no ecossistema mais sensível do Brasil e talvez em um dos mais sensíveis do mundo,apenas a iniciativa privada atender aos diplomas legais de proteção ambiental se constitui em um risco muito elevado.

Durante a elaboração dos modelos de dispersão de óleo podemos verificar que uma mancha de óleo tem alto poder de impacto, o que demandaria da sociedade um alto

grau de cobrança, não só das empresas privadas, mas de todos que manuseiam os derivados de petróleo.

Pude evidenciar o zelo que a Diretoria da MRN e suas gerencias tem para com o meio ambiente, pois no meio de uma grande crise mundial a empresa investiu mais de R\$2.000.000,00 em estudos ambientais ,equipamentos de defesa ambiental,treinamentos,implantação de uma estrutura perene para se tratar emergências, tudo isto em primeiro momento.Estas ações terão ao longo do tempo mais investimentos.

Quiçá não tenhamos um evento catastrófico para que nossa sociedade desperte para este potencial.

É de se esperar que aconteça um processo de avaliação destes impactos ambientais ,como na figura 35.Para se avaliar um impacto,passamos por um processo de análise de riscos com o objetivo de se identificar as fragilidades.

Se incluirmos nesta análise,na ótica da gestão ambiental os impactos da figura 35 , mostrada anteriormente,que é uma representação simplificada de vários aspectos e impactos teremos muitas fragilidades sem nenhum controle direto. Em função destas fragilidades podemos dimensionar medidas de controle,ou barreiras e podemos implantar um monitoramento para atestar a eficácia destes controles.

A atividade econômica licenciada na forma da lei é feita de forma que tenhamos os benefícios socioeconômicos de empreendimentos garantido o meio ambiente para futuras gerações.

Esta rotina não vemos nos entes governamentais,que tem atividades até mais impactantes que as da iniciativa privada.

Os impactos vão acontecendo de forma continuada sem que a sociedade se manifeste,pois uma sociedade que só conhece riscos após acidentes graves é incapaz de preservar o meio ambiente.A gestão ambiental pode mudar este panorama.

Não pude ver nos municípios que visitei para elaboração deste trabalho nada para se tratar impactos ambientais provenientes de vazamentos de hidrocarbonetos, e o mais grave é a inexistência de avaliação de impactos,da figura 35,nestes municípios.A evidência desta afirmação é a disposição de lixos na forma de lixões,a ausência de saneamento básico com lançamento de esgoto nos rios que banham as cidades,podemos ver o desmatamento das matas ciliares e erosões.

Os dois municípios representam a grande maioria dos municípios Paraenses e podem representar os municípios amazônicos brasileiros.

A Gestão Ambiental pode mudar este panorama suas ferramentas podem equipar o estado brasileiro e através da educação pode mudar esta realidade garantindo um processo econômico em todas as suas esferas, incluindo as governamentais, sustentável e perene.

Após a realização deste trabalho, podemos recomendar as seguintes ações.

- 1) Criação de um centro de defesa ambiental na Amazônia, sustentado por todas as empresas que utilizam e comercializam combustíveis e derivados.
- 2) Divulgação entre os municípios da Amazônia das práticas de gestão ambiental focando combustíveis e hidrocarbonetos.
- 3) Equipar a defesa civil e o corpo de bombeiro para se tratar eventos ambientais
- 4) Que as secretarias estaduais e municipais de meio ambiente fomentassem estudos e análises de risco para os municípios.
- 5) Obrigatoriedade de casco duplo para todas as embarcações que transportam combustível na Amazônia.
- 6) Inserir no currículo escolar matérias focando defesa ambiental na Amazônia.

Um importante ponto para discussão é que sejam feitos e exigidos pela sociedade licenciamentos corretivos em atividades criadas antes das legislações específicas para este fim, principalmente nas esferas públicas federais, estaduais e municipais.

14-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL. **Standard Practices for Sampling of Waterborne Oils**, ASTM D 4489. Estados Unidos, 1995. 3 p.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL. **Standard Guide for Containment by Emergency Response Personnel of Hazardous Materials Spills**, ASTM F 1127. Estados Unidos, 2001. 6 p.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL. **Standard Guide for Selection of Booms in Accordance with Water Body Classifications**, ASTM F 1523. Estados Unidos, 2001. 2 p.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL. **Standard Guide for Surveys to Document and Assess Oiling Conditions on Shorelines**, ASTM F 1686. Estados Unidos, 2003. 6 p.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL. **Standard Guide for Terminology and Indices to Describe Oiling Conditions on Shorelines**, ASTM F 1687. Estados Unidos, 2003. 5 p.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL. **Standard Guide for Selection of Skimmers for Oil Spill Response**, ASTM F 1778. Estados Unidos, 2002. 7 p.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL. **Standard Practice for Reporting Visual Observations of Oil on Water**, ASTM F 1779. Estados Unidos, 2003. 5 p.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL. **Standard Guide for Describing Shoreline Response Techniques**, ASTM F 2204. Estados Unidos, 2002. 8 p.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL. **Standard Guide for Cleaning of Various Oiled Shorelines and Habitats**, ASTM F 2464. Estados Unidos, 2005. 5 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Cargas Perigosas – Manipulação em Áreas Portuárias – Procedimento**, NBR 14253, Brasil, 1998. 33 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Armazenamento de Resíduos Sólidos Perigosos**, NBR 12235. Brasil, 1992. 14 p.

BRASIL. Ministério do Trabalho e do Emprego. Norma Regulamentadora n.º 6, de 08 de junho de 1978. Regulamenta a fabricação, a importação e o uso de Equipamento de Proteção Individual no país. Diário Oficial da União. 21 fev. 2002.

BRASIL. Decreto Federal n.º 4.136, de 20 de fevereiro de 2002. Dispõe sobre a especificação das sanções aplicáveis às infrações às regras de prevenção, controle e fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional, prevista na Lei n.º 9.966, de 25 de abril de 2000, e dá outras providências. Diário Oficial da União.

BRASIL. Lei Federal n.º 9966, de 28 de abril de 2000. Dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências.

CONSELHO FEDERAL DE MEDICINA. Resolução n.º 1.671, de 29 de julho de 2003. Dispõe sobre a regulamentação do atendimento pré-hospitalar e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília. Seção 1. p. 75-78.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução n.º 269, de 14 de setembro de 2000.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução n.º 293, de 12 de dezembro de 2001. Dispõe sobre o conteúdo mínimo do Plano de Emergência Individual para incidentes de poluição por óleo originados em portos organizados, instalações portuárias ou terminais, dutos, plataformas, bem como suas respectivas instalações de apoio, e orienta a sua elaboração. Aprovada na 64ª Reunião Ordinária do CONAMA em 12.12.2001.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução n.º 398, de 11 de junho de 2008. Dispõe sobre o conteúdo mínimo do Plano de Emergência Individual para incidentes de poluição por óleo originados em portos organizados, instalações portuárias ou terminais, dutos, plataformas, bem

como suas respectivas instalações de apoio, e orienta a sua elaboração. Revoga a Resolução nº 293, de 12 de dezembro de 2001, publicada no Diário Oficial da União de 5 de fevereiro de 2002, Seção 1, páginas 133 a 137, e disposições em contrário.

FINGAS, M. 2001. **Basics of Oil Spill Cleanup**. 2 ed. United States: Lewis Publishers. ISBN 1-56670-537-1

IMO, 1988. Manual on Oil Pollution: **Combating Oil Spills**. 1 ed. Kingdom: Edward Mortimer Ltd.

IMO, 1995. Manual on Oil Pollution: **Contingency Planning**. Section IV 3 ed. United Kingdom: Edward Mortimer Ltd.

IMO & FAO, 2002. **Guidance on managing seafood safety during and after oil spills**. London: International Maritime Organization. ISBN 92-801-5147-9.

LOPES, F. CARLOS, 2007. **Ambientes costeiros contaminados por óleo: procedimentos de limpeza – manual de orientação**. São Paulo, Secretaria de Estado do Meio Ambiente / Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB).

DEYLE, R. E.; French, S. P.; OLSHANSKY, R. B. & Paterson, R. G. & Hazard **Assessment: The Factual Basis for Planning and Mitigation**. In: Cutter, S. (ed.) **1998. Cooperating with Nature. Confronting Natural Hazards with Land-Use Planning for Sustainable Communities**. Washington, D.C. Joseph Henry Press.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 2004. **Especificações e normas técnicas para elaboração de cartas de sensibilidade ambiental para derramamentos de óleo**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 107p.

MINERAÇÃO RIO DO NORTE 2009-**Plano de emergência individual**-Porto Trombetas – Hidroclean.

MINERAÇÃO RIO DO NORTE 2007-**Estudos de Impacto ambiental Zona Leste** - Porto Trombetas – STCP.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. **Recommended Practice for Responding to Hazardous Materials Incidents**, NFPA 471. Estados Unidos, 2002. 25 p.

UNITED STATES COAST GUARD. **Oil Response in Fast Water Currents: a Decision Tool**. Washington

ASA (Applied Science Associates South America), 2003a. Cenários de Acidentes com Petróleo no Terminal de Alemoa (SP). Relatório Técnico (janeiro de 2003). 57pp.

ASA (Applied Science Associates South America), 2003b. Cenários de Acidentes com Petróleo no Terminal de Paranaguá (PR). Relatório Técnico (janeiro de 2003). 51pp.

ASA (Applied Science Associates South America), 2003c. Cenários de Acidentes com Petróleo na Refinaria de Presidente Bernardes – RPBC (SP). Relatório Técnico (dezembro de 2003). 47pp.

ASA (Applied Science Associates South America), 2003d. Estudos de Deriva para Acidentes com Produtos Derivados de Petróleo no Terminal de São Luís (MA). Relatório Técnico (dezembro de 2003). 196pp.

ASA (Applied Science Associates South America), 2004. Estudos de Deriva para Acidentes com Produtos Derivados de Petróleo na Base Vila do Conde (PA). Relatório Técnico (janeiro de 2004). 207pp.

ASA (Applied Science Associates South America), 2005a. Modelagem do Transporte e Dispersão de Óleo no Mar para o Bloco BM-CAL-6. Relatório Técnico, Revisão 01 (outubro de 2005). 212pp.

ASA (Applied Science Associates South America), 2005b. Modelagem do Transporte e Dispersão de Óleo no Mar para o FPSO Capixaba, Campo de Golfinho, Bacia do Espírito Santo. Relatório Técnico (abril de 2005). 107pp

ASA (Applied Science Associates South America), 2009. Análise dos ventos na região do Rio Trombetas.

ANEXO I CADASTRO DE POTENCIAIS FONTES POLUIDORAS.

As tabelas deste anexo identificam as fontes potenciais de derramamento de óleo e seus derivados no rio. São as potenciais fontes poluidoras.

Tabela 12-Tanques terrestres de armazenamento de derivados de petróleo, equipamentos de processo e veículos presentes nas instalações da MRN.

Identificação	Tipo de Tanque	Tipo de Óleo Estocado	Capacidade Máxima de Estocagem (m³)	Capacidade Contenção Secundária (m³)
1742 (BR)	Cilíndrico, vertical, aéreo, teto fixo e atmosférico	OC-1A	4.033	4.436,3
1741 (BR)	Cilíndrico, vertical, aéreo, teto fixo e atmosférico	Óleo Diesel	1.110	1.221
1743 (BR)	Cilíndrico, vertical, aéreo, teto fixo e atmosférico	Gasolina C	276	
1744 (BR)	Cilíndrico, vertical, aéreo, teto fixo e atmosférico	A.E.H.C	53	
1745 (BR)	Cilíndrico, vertical, aéreo, teto fixo e atmosférico	Óleo Diesel	419	
Caminhão-tanque (BR) x 02	Cilíndrico, horizontal, atmosférico	Óleo Diesel, Gasolina C, A.E.H.C	15	
	Combustível	Diesel	0,2	
Caminhão-tanque (BR)	Cilíndrico, horizontal, atmosférico	Óleo Diesel, Gasolina C, A.E.H.C	20	-
	Combustível	Diesel	0,2	-
Tancagem UG-I / n° 5901 (MRN)	Tipo 2	OC-A1	1.000	817,5
Tancagem UG-I / n° 5903 (MRN)	Tipo 2	OC-A1	730	817,5

Tabela 13 – Tanques terrestres de armazenamento de derivados de petróleo, equipamentos de processo e veículos presentes nas instalações da MRN.

Identificação	Tipo de Tanque	Tipo de Óleo Estocado	Capacidade Máxima de Estocagem (m³)	Capacidade Contenção Secundária (m³)
Tancagem UG-I / n° 5902 (MRN)	Tipo 2	Óleo Diesel	400	817,5
UG-I / n° 5001 (MRN)	Tipo 2	OC-A1	80	73,0
UG-I / n° 402 (MRN)	Tipo 2	OC-A1	13	34
UG-I / n° 403 (MRN)	Tipo 2	OC-A1	13	34
UG-I caldeirinhas / n° 5004 (MRN)	Tipo 2	OC-A1	14	20
UG-I / n° 425 (MRN)	Tipo 2	Óleo Diesel	13	25,4
UG-I / n° 426 (MRN)	Tipo 2	Óleo Diesel	13	25,4
UG-II / n° 250-01A (MRN)	Tipo 2	OC-A1	375	688,5
UG-II / n° 250-01B (MRN)	Tipo 2	OC-A1	375	688,5
UG-II / n° T008 (MRN)	Tipo 2	OC-A1	30	291,3
UG-II / n° T022 (MRN)	Tipo 2	OC-A1	30	291,3
UG-II / n° 250-04 (MRN)	Tipo 2	Óleo Diesel	30	291
UG-II / n° T003 (MRN)	Tipo 2	Óleo Diesel	10	291
Secagem / n° 4501 (MRN)	Tipo 2	OC-A1	86	322
Secagem / n° 4504(MRN)	Tipo 2	OC-A1	240	291,3

Tabela 14 Tabela 2.1 – Tanques terrestres de armazenamento de derivados de petróleo, equipamentos de processo e veículos presentes nas instalações da MRN.

Identificação	Tipo de Tanque	Tipo de Óleo Estocado	Capacidade Máxima de Estocagem (m ³)	Capacidade Contenção Secundária (m ³)
Tancagem Secagem / n.d. (MRN)	Tipo 2	Óleo Lubrificante	5	25,4
Caminhão-tanque (comboio) (MRN)	Cilíndrico, horizontal, atmosférico	Óleo Diesel	3	-
	Cilíndrico, vertical, atmosférico	Óleo Lubrificante	2	-
	Cilíndrico, vertical, atmosférico	Resíduos oleosos	0,3	-
	Cilíndrico, vertical, atmosférico	Água	0,3	-
	Combustível	Óleo Diesel	0,2	-
Locomotiva GE x 03 (MRN)	Combustível	Óleo Diesel	6,4	-
Locomotiva GM x 03 (MRN)	Combustível	Óleo Diesel	3,7	-

Tabela 15-Dutos de transferência de produtos nas instalações da MRN.

Identificação do Duto	Diâmetro do Duto	Tipo de Óleo Transportado	Pressão Máxima de Operação (Kgf/cm ²)	Temperatura Máxima de Operação (°C)	Vazão Máxima de Operação (m ³ /h)
Duto de recebimento píer (BR)-tanque (BR)	8"	OC-1A	9	85	300
Duto de recebimento píer (BR)-tanque (BR)	4"	Óleo Diesel	7	30	80
Duto de recebimento píer (BR) / tanque (BR)	3"	Gasolina C	7	30	80
Duto de envio (BR) / UG-II (MRN)	6"	OC-1A	9	85	150
Duto de envio (BR) / Tancagem (MRN)	6"	OC-1A	9	85	150
Duto de envio (BR) / UG-II (MRN)	4"	Óleo Diesel	7	30	100

Tabela 16-Dutos de transferência de produtos nas instalações da MRN.

Identificação do Duto	Diâmetro do Duto	Tipo de Óleo Transportado	Pressão Máxima de Operação (Kgf/cm ²)	Temperatura Máxima de Operação (°C)	Vazão Máxima de Operação (m ³ /h)
Duto de envio (BR) / Tancagem (MRN)	4"	Óleo Diesel	7	30	100
Tancagem / Secagem (MRN)	4"	OC-1A	10	70	59,3
Tancagem / UG-I (MRN)	2"	Óleo Diesel	4,5	30	8,5
Tancagem / UG-I (MRN)	2"	Óleo Misturado	6,0	70	12
Tancagem / Ferrovia (MRN)	3"	Óleo Diesel	4,5	30	8,5

Tabela 17-Tipos de operação

Tipo de Operação	Tipo de Produto	Vazão Máxima de Transferência (m ³ /h)
Operação de descarga da Balsa-tanque BR para Tancagem BR	OC-1A	300
Operação de descarga da Balsa-tanque BR para Tancagem BR	Óleo Diesel, Gasolina C, A.E.H.C.	80
Operação de carga da Tancagem BR para a Balsa-tanque BR	Óleo Diesel, Gasolina C, A.E.H.C.	40
Operação de carga da Tancagem BR para Caminhão-tanque BR	Óleo Diesel, Gasolina C, A.E.H.C.	30
Operação de descarga do caminhão-tanque (BR) para os postos de abastecimento da MRN	Óleo Diesel, Gasolina C, A.E.H.C.	30
Operação de carga dos caminhões-tanque (MRN) nos postos da MRN para abastecimento de equipamentos e veículos nas minas	Óleo Diesel	14,45
	Óleo Lubrificante	0,9
Operação de carga da locomotiva no posto de abastecimento na área portuária	Óleo Diesel	6,02
Operação de carga dos rebocadores/empurradores (MRN) de apoio à movimentação das dragas do lago de rejeito (água de beneficiamento)	Óleo Diesel	1,44
Operação de carga dos rebocadores de apoio à atracação e desatracação dos navios pela balsa-tanque (BR)	Óleo Diesel	300

Tabela 18- Tipos de operação

Tipo de Operação	Tipo de Produto	Vazão Máxima de Transferência (m³/h)
Operação de carga da barcaça propulsada de apoio portuário pela balsa-tanque (BR)	Óleo Diesel	300
Operação de carga dos rebocadores de apoio à navegação da balsa-tanque (BR) pela própria balsa-tanque (BR)	Óleo Diesel	300
Operação de descarregamento das carretas com tambores de óleo lubrificante no cais da área de recebimento	Óleo lubrificante	80 Tambores de 200L

Tabela 19- Operações de carga e descarga realizadas nas instalações da MRN.

Tipo de Operação	Tipo de Embarcação	Tipo de Tanque	Tipo de Óleo Estocado	Capacidade Máxima de Estocagem (m³)
Carregamento de Bauxita	Navio Graneleiro (Panamax)	Combustível	MF-380	2.700 *
		Óleo Diesel	Óleo Diesel marítimo	68,88
		Lubrificante	Óleo lubrificante	6,28
Apoio na atracação e desatracação dos navios	Rebocador / empurrador (VITÓRIA)	Combustível	Óleo Diesel marítimo	46,58
		Lubrificante	Óleo lubrificante	5
Apoio na atracação e desatracação dos navios	Rebocador / empurrador (S. THIAGO)	Combustível	Óleo Diesel marítimo	54,78
Apoio na manutenção das bóias de sinalização e de fundeio	Barcaça de Apoio (JAMARI)	Combustível	Óleo Diesel marítimo	0,7
Apoio na movimentação das dragas no lago de rejeito	Rebocador / empurrador	Combustível	Óleo Diesel marítimo	0,12

* Valor referente ao somatório dos tanques do navio. Para o dimensionamento do pior caso foi considerado apenas um tanque (600 m³).

Tabela 20-Operações de carga e descarga realizadas nas instalações da MRN.

Tipo de Operação	Tipo de Embarcação	Tipo de Tanque	Tipo de Óleo Estocado	Capacidade Máxima de Estocagem (m³)
Transporte e fornecimento de hidrocarbonetos	Balsa-tanque não propulsada (BR)	08 tanques equalizados para produtos escuros	OC-1A	2.200
		08 tanques equalizados para produtos claros	Óleo Diesel interior e metropolitano	1.800
		02 tanques equalizados para produtos claros	Gasolina C, A.E.H.C	350
Apoio na navegação da balsa-tanque (BR)	Rebocador / empurrador (BR)	Combustível	Óleo Diesel	20
Apoio na navegação da balsa-tanque (BR)	Rebocador / empurrador (BR)	Combustível	Óleo Diesel	15

ANEXO II – HIPÓTESES ACIDENTAIS

As tabelas deste anexo identificam as hipóteses acidentais, com um detalhamento específico do modo de falha.

Tabela 21 Hipóteses acidentais para situações de vazamento de hidrocarbonetos derivados do petróleo nas instalações da MRN. Cenários 1, 2 e 3

N.º da Hipótese	CENÁRIO ACIDENTAL	Descrição	
#1	Acidente de navegação envolvendo embarcação de grande porte	Causa:	Ruptura do costado e tanque do navio devido à colisão entre navios em trânsito ou colisão do navio com embarcação menor.
		Produto derramado:	Óleo combustível MF-380
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Poluição do rio
Volume derramado:	$V_{pc} = V_1 = 600 \text{ m}^3$ (correspondente a capacidade máxima de um tanque de combustível da maior embarcação que atraca no terminal)		
#2	Acidente de navegação envolvendo embarcação de grande porte	Causa:	Ruptura do costado e tanque do navio devido à colisão entre navios em trânsito ou colisão do navio com embarcação menor.
		Produto derramado:	Óleo Diesel Marítimo
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Poluição do rio
Volume derramado:	$V_{pc} = V_1 = 68,88 \text{ m}^3$ (correspondente a capacidade máxima do tanque de diesel da maior embarcação que atraca no terminal)		
#3	Acidente de navegação envolvendo embarcação de grande porte	Causa:	Ruptura do costado e tanque do navio devido à colisão entre navios em trânsito ou colisão do navio com embarcação menor.
		Produto derramado:	Óleo lubrificante
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Poluição do rio
Volume derramado:	$V_{pc} = V_1 = 6,28 \text{ m}^3$ (correspondente a capacidade máxima de um tanque de lubrificante da maior embarcação que atraca no terminal)		

Tabela 22 Hipóteses acidentais para situações de vazamento de hidrocarbonetos derivados do petróleo nas instalações da MRN. Cenários 4, 5 e 6.

.º da Hipótese	CENÁRIO ACIDENTAL	Descrição	
#4	Acidente de navegação envolvendo embarcação de grande porte	Causa:	Ruptura do costado e tanque do navio devido à colisão com superfície fixa (cais, terminal, dolfin, ship-loader etc.) durante manobra de atracação/ desatracação do navio com auxílio de rebocadores.
		Produto derramado:	Óleo combustível MF-380
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Poluição do rio
		Volume derramado:	$V_{pc} = V1 = 600 \text{ m}^3$ (correspondente a capacidade máxima de um tanque de combustível da maior embarcação que atraca no terminal)
#5	Acidente de navegação envolvendo embarcação de grande porte	Causa:	Ruptura do costado e tanque do navio devido à colisão com superfície fixa (cais, terminal, dolfin, ship-loader etc.) durante manobra de atracação/ desatracação do navio com auxílio de rebocadores.
		Produto derramado:	Óleo Diesel Marítimo
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Poluição do rio
		Volume derramado:	$V_{pc} = V1 = 68,88 \text{ m}^3$ (correspondente a capacidade máxima do tanque de combustível da maior embarcação capaz de atracar no terminal)
#6	Acidente de navegação envolvendo embarcação de grande porte	Causa:	Ruptura do costado e tanque do navio devido à colisão com superfície fixa (cais, terminal, dolfin, ship-loader etc.) durante manobra de atracação/ desatracação do navio com auxílio de rebocadores.
		Produto derramado:	Óleo lubrificante
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Poluição do rio
		Volume derramado:	$V_{pc} = V1 = 6,28 \text{ m}^3$ (correspondente a capacidade máxima de um tanque de lubrificante da maior embarcação que atraca no terminal)

Tabela 23 Hipóteses acidentais para situações de vazamento de hidrocarbonetos derivados do petróleo nas instalações da MRN.Cenários 7,8,9 e 10

N.º da Hipótese	CENÁRIO ACIDENTAL	Descrição	
#7	Acidente de navegação envolvendo embarcação de apoio à manobra de atracação dos navios (Rebocador Vitória)	Causa:	Ruptura do costado e tanque da embarcação devido à colisão com navio em trânsito ou colisão com outra embarcação.
		Produto derramado:	Óleo diesel marítimo
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Poluição do rio
		Volume derramado:	$V_{pc} = V_1 = 46,58 \text{ m}^3$
#8	Acidente de navegação envolvendo embarcação de apoio à manobra de atracação dos navios (Rebocador Vitória).	Causa:	Ruptura do costado e tanque da embarcação devido à colisão com navio em trânsito ou colisão com outra embarcação.
		Produto derramado:	Óleo lubrificante
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Poluição do rio
		Volume derramado:	$V_{pc} = V_1 = 5 \text{ m}^3$
#9	Acidente de navegação envolvendo embarcação de apoio à manobra de atracação dos navios .	Causa:	Ruptura do costado e tanque da embarcação devido à colisão com navio em trânsito ou colisão com outra embarcação.
		Produto derramado:	Óleo diesel marítimo
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Poluição do rio
		Volume derramado:	$V_{pc} = V_1 = 54,78 \text{ m}^3$
#10	Acidente de navegação envolvendo embarcação de apoio à manobra de atracação dos navios (Rebocador Vitória)	Causa:	Ruptura do costado e tanque da embarcação devido à colisão com superfície fixa (cais, terminal, dolfin, etc.) durante manobra de atracação/ desatracação dos navios.
		Produto derramado:	Óleo diesel marítimo
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Poluição do rio
		Volume derramado:	$V_{pc} = V_1 = 46,58 \text{ m}^3$

Tabela 24 Hipóteses acidentais para situações de vazamento de hidrocarbonetos derivados do petróleo nas instalações da MRN.Cenários 11,12,13 e 14

N.º da Hipótese	CENÁRIO ACIDENTAL	Descrição	
#11	Acidente de navegação envolvendo embarcação de apoio à manobra de atracação dos navios (Rebocador Vitória)	Causa:	Ruptura do costado e tanque da embarcação devido à colisão com superfície fixa (cais, terminal, dolfin, etc.) durante manobra de atracação/ desatracação dos navios.
		Produto derramado:	Óleo lubrificante
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Poluição do rio
		Volume derramado:	$V_{pc} = V_1 = 5 \text{ m}^3$
#12	Acidente de navegação envolvendo embarcação de apoio à manobra de atracação dos navios (Rebocador S. Thiago)	Causa:	Ruptura do costado e tanque da embarcação devido à colisão com superfície fixa (cais, terminal, dolfin, etc.) durante manobra de atracação/ desatracação dos navios.
		Produto derramado:	Óleo diesel marítimo
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Poluição do rio
		Volume derramado:	$V_{pc} = V_1 = 54,78 \text{ m}^3$
#13	Acidente de navegação envolvendo embarcação de apoio na manutenção das bóias de sinalização e de fundeio (Barcaça de Apoio Jamari)	Causa:	Ruptura do costado e tanque da embarcação devido à colisão com navio em trânsito ou colisão com outra embarcação.
		Produto derramado:	Óleo diesel marítimo
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Poluição do rio
		Volume derramado:	$V_{pc} = V_1 = 0,7 \text{ m}^3$
#14	Acidente de navegação envolvendo embarcação de apoio na manutenção das bóias de sinalização e de fundeio (Barcaça de Apoio Jamari)	Causa:	Ruptura do costado e tanque da embarcação devido à colisão com superfície fixa (cais, terminal, dolfin, etc.) ou bóia de sinalização e de fundeio.
		Produto derramado:	Óleo diesel marítimo
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Poluição do rio
		Volume derramado:	$V_{pc} = V_1 = 0,7 \text{ m}^3$

Tabela 25 Hipóteses acidentais para situações de vazamento de hidrocarbonetos derivados do petróleo nas instalações da MRN.Cenários 15,16,17 e 18.

N.º da Hipótese	CENÁRIO ACIDENTAL	Descrição	
#15	Acidente de navegação envolvendo embarcação de apoio na movimentação das dragas no lago de rejeito (Rebocador/empurrador)	Causa:	Ruptura do costado e tanque da embarcação devido à colisão com as dragas ou demais rebocadores.
		Produto derramado:	Óleo diesel marítimo
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Poluição do lago, dos igarapés e, conseqüentemente do rio.
Volume derramado:	$V_{pc} = V_1 = 0,12 \text{ m}^3$		
#16	Esgotamento indevido de mistura de água e óleo de embarcações de grande porte	Causa:	Lançamento clandestino de resíduo oleoso, proveniente de dala e praça de máquinas, de embarcações de grande porte atracadas no terminal.
		Produto derramado:	Resíduo Oleoso
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Poluição do rio
Volume derramado:	$V_{pc} = V_1 = 40 \text{ m}^3$		
#17	Incidentes a bordo de embarcações de grande porte, em operações de transferências oleosas internas	Causa:	Vazamento de óleo por válvula de fundo de navio em virtude de erro operacional durante manobras internas de transferência de substâncias oleosas na praça de máquinas.
		Produto derramado:	Óleo combustível MF-380 e Resíduo Oleoso
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Poluição do rio
Volume derramado:	Volume pequeno, não é possível especificar o volume		
#18	Acidente de trânsito com caminhão-tanque comboio (MRN)	Causa:	Ruptura do tanque de combustível devido à colisão e/ou tombamento durante trânsito entre o posto de abastecimento das minas e a lavra.
		Produto derramado:	Óleo diesel
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Poluição do piso, dos igarapés e do rio.
Volume derramado:	$V_{pc} = V_1 = 0,2 \text{ m}^3$		

Tabela 26 Hipóteses acidentais para situações de vazamento de hidrocarbonetos derivados do petróleo nas instalações da MRN.Cenários 19,20,21 e 22.

N.º da Hipótese	CENÁRIO ACIDENTAL	Descrição	
#19	Acidente de trânsito com caminhão-tanque comboio (MRN)	Causa:	Ruptura do tanque de carga devido à colisão e/ou tombamento durante trânsito entre o posto de abastecimento das minas e a lavra.
		Produto derramado:	Óleo diesel
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Poluição do piso, dos igarapés e do rio.
Volume derramado:	$V_{pc} = V_1 = 3 \text{ m}^3$		
#20	Acidente de trânsito com caminhão-tanque comboio (MRN)	Causa:	Ruptura do tanque de carga devido à colisão e/ou tombamento durante trânsito entre o posto de abastecimento das minas e a lavra.
		Produto derramado:	Óleo lubrificante
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Poluição do piso, dos igarapés e do rio.
Volume derramado:	$V_{pc} = V_1 = 2 \text{ m}^3$		
#21	Acidente de trânsito com caminhão-tanque comboio (MRN)	Causa:	Ruptura do tanque de carga devido à colisão e/ou tombamento durante trânsito entre o posto de abastecimento das minas e a lavra.
		Produto derramado:	Resíduos oleosos
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Poluição do piso, dos igarapés e do rio.
Volume derramado:	$V_{pc} = V_1 = 0,3 \text{ m}^3$		
#22	Incidente no mangote de transferência do caminhão-tanque (MRN)	Causa:	Vazamento devido à ruptura do mangote de transferência durante abastecimento das máquinas da lavra por caminhão-tanque.
		Produto derramado:	Óleo diesel
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Poluição do piso e dos igarapés
Volume derramado:	$V_{pc} = (T_1 + T_2) \times Q_1 = (1 \text{ min} + 1 \text{ min}) \times 0,1 \text{ m}^3/\text{min} = 0,2 \text{ m}^3$		

Tabela 27 Hipóteses acidentais para situações de vazamento de hidrocarbonetos derivados do petróleo nas instalações da MRN.Cenários 23,24,25 e 26.

N.º da Hipótese	CENÁRIO ACIDENTAL	Descrição	
#23	Acidente ferroviário (transporte de bauxita -MRN)	Causa:	Ruptura do tanque de combustível da locomotiva GE devido à colisão e tombamento durante trânsito entre a área portuária e a lavra.
		Produto derramado:	Óleo diesel
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Poluição direta dos igarapés ou vazamento para o sistema de drenagem da estrada e posterior poluição dos igarapés.
		Volume derramado:	$V_{pc} = V_1 = 6,4 \text{ m}^3$
#24	Acidente ferroviário (transporte de bauxita -MRN)	Causa:	Ruptura do tanque de combustível da locomotiva GE devido ao descarrilhamento da locomotiva durante trânsito entre a área portuária e a lavra.
		Produto derramado:	Óleo diesel
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Poluição direta dos igarapés ou vazamento para o sistema de drenagem da estrada e posterior poluição dos igarapés.
		Volume derramado:	$V_{pc} = V_1 = 6,4 \text{ m}^3$
#25	Acidente ferroviário (transporte de bauxita -MRN)	Causa:	Ruptura do tanque de combustível da locomotiva GM devido à colisão e tombamento durante trânsito entre a área portuária e a lavra.
		Produto derramado:	Óleo diesel
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Poluição direta dos igarapés ou vazamento para o sistema de drenagem da estrada e posterior poluição dos igarapés.
		Volume derramado:	$V_{pc} = V_1 = 3,7 \text{ m}^3$
#26	Acidente ferroviário (transporte de bauxita -MRN)	Causa:	Ruptura do tanque de combustível da locomotiva GM devido ao descarrilhamento da locomotiva durante trânsito entre a área portuária e a lavra.
		Produto derramado:	Óleo diesel
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Poluição direta dos igarapés ou vazamento para o sistema de drenagem da estrada e posterior poluição dos igarapés.
		Volume derramado:	$V_{pc} = V_1 = 3,7 \text{ m}^3$

Tabela 28 Hipóteses acidentais para situações de vazamento de hidrocarbonetos derivados do petróleo nas instalações da MRN. Cenários 27, 28, 29 e 30

N.º da Hipótese	CENÁRIO ACIDENTAL	Descrição	
#27	Incidente nos tanques terrestres de armazenamento (MRN)	Causa:	Vazamento devido à ruptura dos tanques da Tancagem UG-I / n ^{os} 5901, 5903 e 5902 (MRN).
		Produto derramado:	Óleo BPF (OC-1A)
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Óleo ficará parcialmente retido na contenção secundária, porém se houver o rompimento da bacia de contenção haverá a possibilidade do óleo atingir o rio.
		Volume derramado:	$V_{pc} = V1 = 1.000 \text{ m}^3$
#28	Incidente nos tanques terrestres de armazenamento (MRN)	Causa:	Vazamento devido à ruptura dos tanques da UG-I / n ^{os} 5001, 402, 403, 5004 (MRN).
		Produto derramado:	Óleo BPF (OC-1A)
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Óleo ficará parcialmente retido na contenção secundária, porém se houver o rompimento da bacia de contenção haverá a possibilidade do óleo atingir o rio.
		Volume derramado:	$V_{pc} = V1 = 80 \text{ m}^3$
#29	Incidente nos tanques terrestres de armazenamento (MRN)	Causa:	Vazamento devido à ruptura dos tanques da UG-I / nos 425 e 426 (MRN).
		Produto derramado:	Óleo diesel
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Óleo ficará retido na contenção secundária, porém se houver o rompimento da bacia de contenção haverá a possibilidade do óleo atingir o rio.
		Volume derramado:	$V_{pc} = V1 = 13 \text{ m}^3$

Tabela 29 Hipóteses acidentais para situações de vazamento de hidrocarbonetos derivados do petróleo nas instalações da MRN. Cenários 31, 32 e 33.

N.º da Hipótese	CENÁRIO ACIDENTAL	Descrição	
#31	Incidente nos tanques terrestres de armazenamento (MRN)	Causa:	Vazamento devido à ruptura dos tanques da Tancagem UG-II / n ^{os} 250-04 e T003 (MRN).
		Produto derramado:	Óleo diesel
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Óleo ficará retido na contenção secundária, porém se houver o rompimento da bacia de contenção haverá a possibilidade do óleo atingir o rio.
		Volume derramado:	$V_{pc} = V1 = 30 \text{ m}^3$
#32	Incidente nos tanques terrestres de armazenamento (MRN)	Causa:	Vazamento devido à ruptura dos tanques da Secagem / n ^{os} 4501 e 4504 (MRN).
		Produto derramado:	Óleo BPF (OC-1A)
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Óleo ficará retido na contenção secundária, porém se houver o rompimento da bacia de contenção haverá a possibilidade do óleo atingir o rio.
		Volume derramado:	$V_{pc} = V1 = 240 \text{ m}^3$
#33	Incidente nos tanques terrestres de armazenamento (MRN)	Causa:	Vazamento devido à ruptura do tanque da Tancagem / Secagem / nd (MRN).
		Produto derramado:	Óleo lubrificante
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Óleo ficará retido na contenção secundária, porém se houver o rompimento da bacia de contenção haverá a possibilidade do óleo atingir o rio.
		Volume derramado:	$V_{pc} = V1 = 5 \text{ m}^3$
		Volume derramado:	$V_{pc} = (T1 + T2) \times Q1 + V1 = (15\text{min} + 2\text{min}) \times 2,5 \text{ m}^3/\text{min} + 18,15 \text{ m}^3 = 60,65 \text{ m}^3 \text{ (BR - UG-II)}$ $V_{pc} = (T1 + T2) \times Q1 + V1 = (15\text{min} + 2\text{min}) \times 2,5 \text{ m}^3/\text{min} + 19,45 \text{ m}^3 = 61,95 \text{ m}^3 \text{ (BR - Tancagem)}$

Tabela 30 Hipóteses acidentais para situações de vazamento de hidrocarbonetos derivados do petróleo nas instalações da MRN. Cenários 34, 35 e 36.

N.º da Hipótese	CENÁRIO ACIDENTAL	Descrição	
#34	Incidente nos tanques terrestres de armazenamento (MRN)	Causa:	Vazamento devido à ruptura dos dutos de envio entre a BR e a UG-II (MRN) e entre a BR e a Tancagem (MRN).
		Produto derramado:	Óleo BPF (OC-1A)
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Poluição do piso, da margem e do rio
		Volume derramado:	$V_{pc} = (T1 + T2) \times Q1 + V1 = (15\text{min} + 2\text{min}) \times 2,5 \text{ m}^3/\text{min} + 18,15 \text{ m}^3 = 60,65 \text{ m}^3 \text{ (BR - UG-II)}$ $V_{pc} = (T1 + T2) \times Q1 + V1 = (15\text{min} + 2\text{min}) \times 2,5 \text{ m}^3/\text{min} + 19,45 \text{ m}^3 = 61,95 \text{ m}^3 \text{ (BR - Tancagem)}$
#35	Incidente nos dutos de transferência (BR – MRN)	Causa:	Vazamento devido à ruptura dos dutos de envio entre a BR e a UG-II (MRN) e entre a BR e a Tancagem (MRN).
		Produto derramado:	Óleo diesel
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Poluição do piso, da margem e do rio
		Volume derramado:	$V_{pc} = (T1 + T2) \times Q1 + V1 = (15\text{min} + 2\text{min}) \times 1,66 \text{ m}^3/\text{min} + 3,93 \text{ m}^3 = 32,15 \text{ m}^3 \text{ (BR - UG-II)}$ $V_{pc} = (T1 + T2) \times Q1 + V1 = (15\text{min} + 2\text{min}) \times 1,66 \text{ m}^3/\text{min} + 4,71 \text{ m}^3 = 32,93 \text{ m}^3 \text{ (BR - Tancagem)}$
#36	Incidente nos dutos de transferência (BR-MRN)	Causa:	Vazamento devido à ruptura do duto de transferência entre a Tancagem (MRN) e a Secagem (MRN).
		Produto derramado:	Óleo BPF (OC-1A)
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Poluição do piso, da margem e do rio
		Volume derramado:	$V_{pc} = (T1 + T2) \times Q1 + V1 = (15\text{min} + 2\text{min}) \times 0,99 \text{ m}^3/\text{min} + 3,14 \text{ m}^3 = 19,97 \text{ m}^3$

Tabela 31 Hipóteses acidentais para situações de vazamento de hidrocarbonetos derivados do petróleo nas instalações da MRN. Cenários 37, 38, 39 e 40.

N.º da Hipótese	CENÁRIO ACIDENTAL	Descrição	
#37	Incidente nos dutos de transferência (BR-MRN)	Causa:	Vazamento devido à ruptura do duto de transferência entre a Tancagem (MRN) e a UG-I (MRN).
		Produto derramado:	Óleo diesel
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Poluição do piso, da margem e do rio
Volume derramado:	$V_{pc} = (T1 + T2) \times Q1 + V1 = (15\text{min} + 2\text{min}) \times 0,14 \text{ m}^3/\text{min} + 0,85 \text{ m}^3 = 3,23 \text{ m}^3$		
#38	Incidente nos dutos de transferência (BR-MRN)	Causa:	Vazamento devido à ruptura do duto de transferência entre a Tancagem (MRN) e a UG-I (MRN).
		Produto derramado:	Óleo misturado
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Poluição do piso, da margem e do rio
Volume derramado:	$V_{pc} = (T1 + T2) \times Q1 + V1 = (15\text{min} + 2\text{min}) \times 0,2 \text{ m}^3/\text{min} + 2,35 \text{ m}^3 = 5,75 \text{ m}^3$		
#39	Incidente nos dutos de transferência (BR-MRN)	Causa:	Vazamento devido à ruptura do duto de transferência entre a Tancagem (MRN) e a Ferrovia (MRN).
		Produto derramado:	Óleo diesel
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Poluição do piso, da margem e do rio
Volume derramado:	$V_{pc} = (T1 + T2) \times Q1 + V1 = (15\text{min} + 2\text{min}) \times 0,14 \text{ m}^3/\text{h} + 1,98 \text{ m}^3 = 4,36 \text{ m}^3$		
#40	Incidente durante abastecimento da locomotiva	Causa:	Vazamento devido à ruptura do mangote ou falha na bomba no posto de abastecimento na área portuária.
		Produto derramado:	Óleo diesel
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Contaminação do piso.
Volume derramado:	$V_{pc} = (T1 + T2) \times Q1 = (1 \text{ min} + 1 \text{ min}) \times 0,10 \text{ m}^3/\text{min} = 0,2 \text{ m}^3$		

Tabela 32 Hipóteses acidentais para situações de vazamento de hidrocarbonetos derivados do petróleo nas instalações da MRN.Cenários 41,42,43,44.

N.º da Hipótese	CENÁRIO ACIDENTAL	Descrição	
#41	Incidente durante operação de carga e descarga de caminhão-tanque	Causa:	Ruptura do mangote de transferência durante operação de descarga do caminhão-tanque (BR) para os postos de abastecimento da MRN
		Produto derramado:	Óleo diesel
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Contaminação do piso.
Volume derramado:	$V_{pc} = (T1 + T2) \times Q1 = (1 \text{ min} + 1 \text{ min}) \times 0,5 \text{ m}^3/\text{min} = 1 \text{ m}^3$		
#42	Incidente durante operação de carga e descarga de caminhão-tanque	Causa:	Ruptura do mangote de transferência durante operação de descarga do caminhão-tanque (BR) para os postos de abastecimento da MRN
		Produto derramado:	Gasolina C e A.E.H.C.
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Contaminação do piso.
Volume derramado:	$V_{pc} = (T1 + T2) \times Q1 = (1 \text{ min} + 1 \text{ min}) \times 0,5 \text{ m}^3/\text{min} = 1 \text{ m}^3$		
#43	Incidente durante operação de carga e descarga de caminhão-tanque	Causa:	Ruptura do mangote de transferência durante operação de carga dos caminhões-tanque (MRN) nos postos da MRN para abastecimento de equipamentos e veículos nas minas.
		Produto derramado:	Óleo diesel
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Contaminação do piso.
Volume derramado:	$V_{pc} = (T1 + T2) \times Q1 = (1 \text{ min} + 1 \text{ min}) \times 0,24 \text{ m}^3/\text{min} = 0,48 \text{ m}^3$		
#44	Incidente durante operação de carga e descarga de caminhão-tanque	Causa:	Ruptura do mangote de transferência durante operação de carga dos caminhões-tanque (MRN) nos postos da MRN para abastecimento de equipamentos e veículos nas minas.
		Produto derramado:	Óleo lubrificante
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Contaminação do piso.
Volume derramado:	$V_{pc} = (T1 + T2) \times Q1 = (1 \text{ min} + 1 \text{ min}) \times 0,015 \text{ m}^3/\text{min} = 0,03 \text{ m}^3$		

Tabela 33 Hipóteses acidentais para situações de vazamento de hidrocarbonetos derivados do petróleo nas instalações da MRN. Cenários 45, 46 e 47

N.º da Hipótese	CENÁRIO ACIDENTAL	Descrição		
#45	Incidente durante operação de carga dos rebocadores/empurradores (MRN) de apoio à movimentação das dragas do lago de rejeito (água de beneficiamento)	Causa:	Ruptura do mangote de transferência durante operação de carga dos rebocadores/empurradores (MRN) de apoio à movimentação das dragas do lago de rejeito (água de beneficiamento)	
		Produto derramado:	Óleo diesel	
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo	
		Efeitos:	Poluição do piso, do solo, do próprio lago e do rio.	
Volume derramado:	$V_{pc} = (T1 + T2) \times Q1 = (1 \text{ min} + 1 \text{ min}) \times 0,024 \text{ m}^3/\text{min} = 0,048 \text{ m}^3$			
#46	Acidente de navegação envolvendo embarcação de transporte e fornecimento de hidrocarbonetos (Balsa-tanque não propulsada – BR)	Causa:	Ruptura do costado e tanque de produtos escuros da balsa-tanque devido à colisão com a embarcação de apoio à navegação ou com outras embarcações.	
		Produto derramado:	Óleo BPF (OC-1A)	
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo	
		Efeitos:	Poluição do rio	
Volume derramado:	$V_{pc} = V1 = 2200 \text{ m}^3$			
#47	Acidente de navegação envolvendo embarcação de transporte e fornecimento de hidrocarbonetos (Balsa-tanque não propulsada – BR)	Causa:	Ruptura do costado e tanque de produtos claros da balsa-tanque devido à colisão com a embarcação de apoio à navegação ou com outras embarcações.	
		Produto derramado:	Óleo diesel interior e metropolitano	
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo	
		Efeitos:	Poluição do rio	
	Volume derramado:	$V_{pc} = V1 = 1800 \text{ m}^3$		
	Acidente de navegação envolvendo embarcação de transporte e fornecimento de hidrocarbonetos (Balsa-tanque não propulsada – BR)	Produto derramado:	Gasolina C e A.E.H.C	
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo	
		Efeitos:	Poluição do rio	
	Volume derramado:	$V_{pc} = V1 = 350 \text{ m}^3$		

Tabela 34 Hipóteses acidentais para situações de vazamento de hidrocarbonetos derivados do petróleo nas instalações da MRN.Cenários 48,49,50 e 51.

N.º da Hipótese	CENÁRIO ACIDENTAL	Descrição	
#48	Acidente de navegação envolvendo embarcação de transporte e fornecimento de hidrocarbonetos (Balsa-tanque não propulsada – BR)	Causa:	Ruptura do costado e tanque de produtos claros da balsa-tanque devido à colisão com a embarcação de apoio à navegação ou com outras embarcações.
		Produto derramado:	Gasolina C e A.E.H.C
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Poluição do rio
		Volume derramado:	$V_{pc} = V1 = 350 \text{ m}^3$
#49	Acidente de navegação envolvendo embarcação de transporte e fornecimento de hidrocarbonetos (Balsa-tanque não propulsada – BR)	Causa:	Ruptura do costado e tanque de produtos escuros da balsa-tanque devido à colisão com superfície fixa (cais, terminal, dolfin, etc.) durante manobra de atracação/ desatracação da balsa-tanque.
		Produto derramado:	Óleo BPF (OC-1A)
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Poluição do rio
		Volume derramado:	$V_{pc} = V1 = 2200 \text{ m}^3$
#50	Acidente de navegação envolvendo embarcação de transporte e fornecimento de hidrocarbonetos (Balsa-tanque não propulsada – BR)	Causa:	Ruptura do costado e tanque de produtos claros da balsa-tanque devido à colisão com superfície fixa (cais, terminal, dolfin, etc.) durante manobra de atracação/ desatracação da balsa-tanque.
		Produto derramado:	Óleo diesel interior e metropolitano
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Poluição do rio
		Volume derramado:	$V_{pc} = V1 = 1800 \text{ m}^3$
#51	Acidente de navegação envolvendo embarcação de transporte e fornecimento de hidrocarbonetos (Balsa-tanque não propulsada – BR)	Causa:	Ruptura do costado e tanque de produtos claros da balsa-tanque devido à colisão com superfície fixa (cais, terminal, dolfin, etc.) durante manobra de atracação/ desatracação da balsa-tanque.
		Produto derramado:	Gasolina C e A.E.H.C
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Poluição do rio
		Volume derramado:	$V_{pc} = V1 = 350 \text{ m}^3$

Tabela 35 Hipóteses acidentais para situações de vazamento de hidrocarbonetos derivados do petróleo nas instalações da MRN. Cenários 52,53,54 e 55.

N.º da Hipótese	CENÁRIO ACIDENTAL	Descrição	
#52	Acidente de navegação envolvendo embarcações de apoio na navegação da balsa-tanque (BR)	Causa:	Ruptura do costado e tanque da embarcação devido à colisão com a balsa-tanque ou com outras embarcações em trânsito.
		Produto derramado:	Óleo diesel
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Poluição do rio
		Volume derramado:	$V_{pc} = V1 = 20 \text{ m}^3$
#53	Acidente de navegação envolvendo embarcação de apoio na navegação da balsa-tanque (BR)	Causa:	Ruptura do costado e tanque da embarcação devido à colisão com superfície fixa (cais, terminal, dolfin, etc.) durante atracação/desatracação da balsa-tanque.
		Produto derramado:	Óleo diesel
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Poluição do rio
		Volume derramado:	$V_{pc} = V1 = 20 \text{ m}^3$
#54	Incidente no tanque terrestre de armazenamento (BR)	Causa:	Vazamento devido à ruptura do tanque 1742 da Base da Petrobrás.
		Produto derramado:	Óleo BPF (OC-1A)
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Óleo ficará retido na contenção secundária, porém se houver o rompimento da bacia de contenção haverá a possibilidade do óleo atingir o rio.
		Volume derramado:	$V_{pc} = V1 = 4.033 \text{ m}^3$
#55	Incidente no tanque terrestre de armazenamento (BR)	Causa:	Vazamento devido à ruptura dos tanques 1741 e 1745 da Base da Petrobrás.
		Produto derramado:	Óleo diesel
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Óleo ficará retido na contenção secundária, porém se houver o rompimento da bacia de contenção haverá a possibilidade do óleo atingir o rio.
		Volume derramado:	$V_{pc} = V1 = 1.100 \text{ m}^3$

Tabela 36 Hipóteses acidentais para situações de vazamento de hidrocarbonetos derivados do petróleo nas instalações da MRN. Cenários 56, 57, 58 e 59.

N.º da Hipótese	CENÁRIO ACIDENTAL	Descrição	
#56	Incidente no tanque terrestre de armazenamento (BR)	Causa:	Vazamento devido à ruptura do tanque 1743 da Base da Petrobrás.
		Produto derramado:	Gasolina C
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Óleo ficará retido na contenção secundária, porém se houver o rompimento da bacia de contenção haverá a possibilidade do óleo atingir o rio.
		Volume derramado:	$V_{pc} = V_1 = 276 \text{ m}^3$
#57	Incidente no tanque terrestre de armazenamento (BR)	Causa:	Vazamento devido à ruptura do tanque 1744 da Base da Petrobrás.
		Produto derramado:	A.E.H.C.
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Óleo ficará retido na contenção secundária, porém se houver o rompimento da bacia de contenção haverá a possibilidade do óleo atingir o rio.
		Volume derramado:	$V_{pc} = V_1 = 53 \text{ m}^3$
#58	Acidente de trânsito com caminhão-tanque da Petrobrás	Causa:	Ruptura do tanque de carga devido à colisão e/ou tombamento do caminhão-tanque durante trânsito entre a área portuária (MRN) e o posto de abastecimento das minas (rodovia).
		Produto derramado:	Óleo diesel
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Contaminação do piso e poluição dos igarapés e do rio.
		Volume derramado:	$V_{pc} = V_1 = 20 \text{ m}^3$
#59	Acidente de trânsito com caminhão-tanque da Petrobrás	Causa:	Ruptura do tanque de combustível devido à colisão e/ou tombamento durante trânsito entre a área portuária (MRN) e o posto de abastecimento das minas.
		Produto derramado:	Óleo diesel
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Contaminação do piso e poluição dos igarapés e do rio.
		Volume derramado:	$V_{pc} = V_1 = 0,2 \text{ m}^3$

Tabela 37 Hipóteses acidentais para situações de vazamento de hidrocarbonetos derivados do petróleo nas instalações da MRN.Cenários 60,61,62 e 63.

N.º da Hipótese	CENÁRIO ACIDENTAL	Descrição	
#60	Incidente no duto de transferência (BR)	Causa:	Vazamento devido à ruptura do duto de recebimento durante a operação de transferência entre o píer (BR) e a tancagem (BR)
		Produto derramado:	Óleo diesel
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Contaminação do piso e poluição da margem e do rio
Volume derramado:	$V_{pc} = (T1 + T2) \times Q1 + V1 = (0,167h + 0,167h) \times 80 \text{ m}^3/h + 1,21 \text{ m}^3 = 27,94 \text{ m}^3$ * 0,167 h = 10 min		
#61	Incidente no duto de transferência (BR)	Causa:	Vazamento devido à ruptura do duto de recebimento durante a operação de transferência entre o píer (BR) e a tancagem (BR)
		Produto derramado:	Gasolina
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Contaminação do piso e poluição da margem e do rio
Volume derramado:	$V_{pc} = (T1 + T2) \times Q1 + V1 = (0,167h + 0,167h) \times 80 \text{ m}^3/h + 0,68 \text{ m}^3 = 27,4 \text{ m}^3$ * 0,167 h = 10 min		
#62	Incidente no duto de transferência (BR)	Causa:	Vazamento devido à ruptura do duto de recebimento durante a operação de transferência entre o píer (BR) e a área de tancagem (BR).
		Produto derramado:	Óleo BPF (OC-1A)
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Contaminação do piso e poluição da margem e do rio
Volume derramado:	$V_{pc} = (T1 + T2) \times Q1 + V1 = (0,167h + 0,167h) \times 300 \text{ m}^3/h + 4,85 \text{ m}^3 = 105,05 \text{ m}^3$ * 0,167 h = 10 min		
#63	Incidente durante operação de carga e descarga (BR)	Causa:	Vazamento devido à ruptura do mangote de transferência durante operações de carga em balsa-tanque no píer (BR).
		Produto derramado:	Gasolina
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Poluição do rio
Volume derramado:	$V_{pc} = (T1 + T2) \times Q1 = (0,167h + 0,167h) \times 40 \text{ m}^3/h = 13,36 \text{ m}^3$ * 0,167 h = 10 min		

Tabela 38 Hipóteses acidentais para situações de vazamento de hidrocarbonetos derivados do petróleo nas instalações da MRN.Cenários 64,65,65e67.

N.º da Hipótese	CENÁRIO ACIDENTAL	Descrição	
#64	Incidente durante operação de carga e descarga (BR)	Causa:	Vazamento devido à ruptura do mangote de transferência durante operações de carga em balsatanque no píer (BR).
		Produto derramado:	Óleo diesel
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Poluição do rio
		Volume derramado:	$V_{pc} = (T1 + T2) \times Q1 = (0,167h + 0,167h) \times 40 \text{ m}^3/h = 13,36 \text{ m}^{3*}$ $0,167 \text{ h} = 10 \text{ min}$
#65	Incidente durante operação de carga e descarga (BR)	Causa:	Vazamento devido à ruptura do mangote de transferência durante operações de descarga de balsatanque no píer (BR).
		Produto derramado:	Gasolina e A.E.H.C.
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Poluição do rio
		Volume derramado:	$V_{pc} = (T1 + T2) \times Q1 = (0,167h + 0,167h) \times 80 \text{ m}^3/h = 26,72 \text{ m}^{3*}$ $0,167 \text{ h} = 10 \text{ min}$
#66	Incidente durante operação de carga e descarga (BR)	Causa:	Vazamento devido à ruptura do mangote de transferência durante operações de descarga de balsatanque no píer (BR).
		Produto derramado:	Óleo diesel
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Poluição do rio
		Volume derramado:	$V_{pc} = (T1 + T2) \times Q1 = (0,167h + 0,167h) \times 80 \text{ m}^3/h = 26,72 \text{ m}^{3*}$ $0,167 \text{ h} = 10 \text{ min}$
#67	Incidente durante operação de carga e descarga (BR)	Causa:	Vazamento devido à ruptura do mangote de transferência durante operações de descarga de balsatanque no píer (BR).
		Produto derramado:	Óleo BPF (OC-1A)
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Poluição do rio
		Volume derramado:	$V_{pc} = (T1 + T2) \times Q1 = (0,167h + 0,167h) \times 300 \text{ m}^3/h = 100,2 \text{ m}^{3*}$ $0,167 \text{ h} = 10 \text{ min}$

Tabela 39 Hipóteses acidentais para situações de vazamento de hidrocarbonetos derivados do petróleo nas instalações da MRN.Cenários 68,69,70e71.

N.º da Hipótese	CENÁRIO ACIDENTAL	Descrição	
#68	Incidente durante operação de carga e descarga (BR)	Causa:	Vazamento devido à ruptura do mangote de transferência durante operação de carga da Tancagem (BR) para Caminhão-tanque (BR)
		Produto derramado:	Óleo diesel
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Poluição do piso, da margem e do rio
		Volume derramado:	$V_{pc} = (T1 + T2) \times Q1 = (1 \text{ min} + 1 \text{ min}) \times 0,5 \text{ m}^3/\text{min} = 1 \text{ m}^3$
#69	Incidente durante operação de carga e descarga (BR)	Causa:	Vazamento devido à ruptura do mangote de transferência durante operação de carga da Tancagem (BR) para Caminhão-tanque (BR)
		Produto derramado:	Gasolina C e A.E.H.C.
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Poluição do piso, da margem e do rio
		Volume derramado:	$V_{pc} = (T1 + T2) \times Q1 = (1 \text{ min} + 1 \text{ min}) \times 0,5 \text{ m}^3/\text{min} = 1 \text{ m}^3$
#70	Incidente durante operação de carga e descarga (BR)	Causa:	Vazamento devido à ruptura do mangote de transferência durante operação de carga dos rebocadores de apoio à atracação e desatracação dos navios pela balsa-tanque (BR).
		Produto derramado:	Óleo diesel
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Poluição do rio
		Volume derramado:	$V_{pc} = (T1 + T2) \times Q1 = (1 \text{ min} + 1 \text{ min}) \times 5 \text{ m}^3/\text{min} = 10 \text{ m}^3$
#71	Incidente durante operação de carga e descarga (BR)	Causa:	Vazamento devido à ruptura do mangote de transferência durante operação de carga da barcaça propulsada de apoio portuário pela balsa-tanque (BR).
		Produto derramado:	Óleo diesel
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Poluição do rio
		Volume derramado:	$V_{pc} = (T1 + T2) \times Q1 = (1 \text{ min} + 1 \text{ min}) \times 5 \text{ m}^3/\text{min} = 10 \text{ m}^3$

Tabela 40 Hipóteses acidentais para situações de vazamento de hidrocarbonetos derivados do petróleo nas instalações da MRN. Cenários 71 e 73

N.º da Hipótese	CENÁRIO ACIDENTAL	Descrição	
#72	Incidente durante operação de carga e descarga (BR)	Causa:	Vazamento devido à ruptura do mangote de transferência durante operação de carga dos rebocadores de apoio à navegação da balsa-tanque (BR) pela própria balsa-tanque (BR).
		Produto derramado:	Óleo diesel
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Poluição do rio
Volume derramado:	$V_{pc} = (T1 + T2) \times Q1 = (1 \text{ min} + 1 \text{ min}) \times 5 \text{ m}^3/\text{min} = 10 \text{ m}^3$		
#73	Incidente durante descarregamento dos tambores de óleo lubrificante	Causa:	Vazamento devido ao tombamento dos tambores de óleo lubrificante durante operação de descarregamento no cais da área de recebimento.
		Produto derramado:	Óleo lubrificante
		Regime de vazamento:	Instantâneo ou contínuo
		Efeitos:	Poluição da margem e do rio
Volume derramado:	$V_{pc} = 80 \times 0,2 \text{ m}^3 = 16 \text{ m}^3$		