

## MARA - ELABORAÇÃO DE METODOLOGIA PARA ANÁLISE DOS RISCOS AMBIENTAIS

Renato F. Mendes<sup>1</sup>, Vivienne Minniti<sup>2</sup>, Carlos F. Lopes<sup>3</sup>, João Milaneli<sup>4</sup>,  
Carlos Torres<sup>5</sup>, Regiane Yogui<sup>6</sup>, Gabriela Rodrigues<sup>7</sup>, Eduardo Mariz<sup>8</sup>

### Copyright 2004, Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás - IBP

Este Trabalho Técnico foi preparado para apresentação na *Rio Pipeline Conference & Exposition 2005*, realizada no período de 17 a 19 de outubro de 2005, no Rio de Janeiro. Este Trabalho Técnico foi selecionado para apresentação pelo Comitê Técnico do evento, seguindo as informações contidas na sinopse submetida pelo(s) autor(es). O conteúdo do Trabalho Técnico, como apresentado, não foi revisado pelo IBP. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões do Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, seus Associados e Representantes. É de conhecimento e aprovação do(s) autor(es) que este Trabalho Técnico seja publicado nos Anais da *Rio Pipeline Conference & Exposition 2005*.

---

## Resumo

Na indústria do petróleo, a análise da repercussão acidental no meio ambiente, além de multidisciplinar passa por diversos enfoques e profundidades. Devido à enorme complexidade, também por ser ciência em desenvolvimento e não consenso tecnológico, foi desenvolvido uma metodologia macro para reconhecimento das áreas que podem ser impactadas por vazamentos em oleodutos e permitindo suporte ao planejamento da emergência.

É apresentada a metodologia do MARA - Mapeamento do Risco Ambiental em faixas de dutos, com seu escopo e processo de elaboração, justificando a adoção de mapas ambientais dentro do contexto dos Estudos de Análise de Risco - EAR, nos empreendimentos dutoviários da PETROBRAS/TRANSPETRO.

A elaboração desta metodologia justifica-se pelo fato de buscarmos uma ferramenta prática para conhecimento e análise dos elementos ambientais mais vulneráveis ao longo das faixas de dutos, na ocorrência de derrames acidentais de hidrocarbonetos líquidos, no meio ambiente. Esta metodologia é ferramenta que permite ao Órgão Ambiental e PETROBRAS o melhor gerenciamento da emergência.

## Abstract

In the oil industry, the environmental impact assessment of an accident is both multi and interdisciplinary and goes through several approaches and depths. Due to the enormous complexity of the environmental analyses issues, mainly for being a science in development and not technological consensus, a macro methodology is presented for the purpose of identify areas that can be impacted by pipeline leakages and recommend improvements are applicable working as a table top response plan.

The methodology of the Environmental Risk Mapping-MARA for pipelines rows, describes its concept and justifies the adoption of the environmental mapping during Risk Analyses studies, for PETROBRAS/TRANSPETRO new and existing pipelines.

The development of this methodology is justified by the fact that it is a practical tool for identification, analysis and categorization of the more vulnerable environmental elements along a pipeline row and vicinities, during simulated occurrence of accidental spills of hydrocarbons in the environment. This methodology is a tool that allows Environmental Agencies and PETROBRAS a better way to manage in advance the Company emergencies.

## 1. Introdução

Na indústria do petróleo, a análise da repercussão acidental no meio ambiente, além de multidisciplinar, passa por diversos enfoques e profundidades como, por exemplo, impacto direto a determinada espécie, análise da cadeia alimentar e desdobramentos socioeconômicos locais e regionais.

<sup>1</sup> Eng.Mec., Cons.Téc., M.Sc, CRE -PETROBRAS/ENG

<sup>2</sup> Farm. Bioquím. - Gerente CETESB/ Setor Análise de Riscos

<sup>3</sup> Biólogo - CETESB/Setor de Operações de Emergência

<sup>4</sup> Biólogo, Prof., D.Sc. - CETESB/Ag. Ambiental de Ubatuba

<sup>5</sup> Químico - TRANSPETRO/DTOL-SP/SMS

<sup>6</sup> Consultor, Eng. Civil, Seg. - PETROBRAS/SMS

<sup>7</sup> Gest. Ambiental - CONSULTORIA PAULISTA

<sup>8</sup> Eng. Florestal - CONSULTORIA PAULISTA

Devido à enorme complexidade, também por ser ciência em desenvolvimento e não consenso tecnológico, foi desenvolvida uma metodologia macro para reconhecimento das áreas que podem ser impactadas por vazamentos em oleodutos e análise do atendimento à emergência.

A elaboração desta metodologia justifica-se pelo fato de buscar uma ferramenta prática para reconhecimento e análise dos elementos ambientais mais vulneráveis ao longo das faixas de dutos e seus entornos, durante a ocorrência de derrames acidentais de hidrocarbonetos no meio ambiente. São identificadas as regiões capazes de serem atingidas por derrames e analisadas as ações de contingência cabíveis para os locais. A metodologia não busca avaliar o Risco Ambiental, mas o analisa perante a sensibilidade dos ambientes terrestres das regiões próximas sob interferência do duto. O produto resultante é de grande valia para os Planos de Emergência Locais e Individuais.

O MARA é uma metodologia a ser adotado nos estudos de oleodutos em complementação aos estudos de segurança da população limítrofe ao duto.

## 2. Objetivo

É apresentado o Mapeamento do Risco Ambiental - MARA em faixas de dutos, descrevendo sua metodologia de elaboração e justificando a adoção do mapeamento dentro do contexto dos Estudos de Análise de Risco - EAR, nos empreendimentos da PETROBRAS/TRANSPETRO.

O MARA busca analisar de forma qualitativa a correlação entre sensibilidade ambiental, volumes vazados nos ambientes vulneráveis ao derramamento do óleo, práticas e recursos das ações da contingência e ações de mitigação para proteção dos elementos ambientais e usos socioeconômicos, de forma a complementar os Planos de Ação de Emergência da PETROBRAS/TRANSPETRO. Desta forma, o MARA é uma ferramenta prática para conhecimento e análise dos elementos ambientais mais vulneráveis a derrames acidentais de hidrocarbonetos ao longo das faixas de dutos e seus entornos, de forma a direcionar as ações de contingência visando a minimização de impactos ao meio ambiente.

A avaliação da repercussão ambiental, na indústria do petróleo, além de multidisciplinar passa por diversos enfoques e profundidades como, por exemplo, impacto direto a determinada espécie, análise da cadeia alimentar e desdobramentos socioeconômicos locais e regionais. Devido a enorme complexidade, por ser ciência em desenvolvimento e não consenso tecnológico, sugere-se uma metodologia macro para reconhecimento das áreas que podem ser impactadas por vazamentos e a preparação para a emergência da PETROBRAS/TRANSPETRO.

## 3. Metodologia

A metodologia proposta, se aplica à faixa de oleodutos que transportam petróleo, derivados líquidos ou seja produtos de Baixa Pressão de Vapor (produtos com pressão de vapor menor que  $1,12\text{kgf/cm}^2$  a  $38^\circ\text{C}$ ), que em caso de derrames, podem afetar a segurança da população limítrofe ou comprometer regiões ambientalmente sensíveis ao produto transportado. Esta metodologia não se aplica a vazamentos em gasodutos, por não afetar diretamente os corpos hídricos.

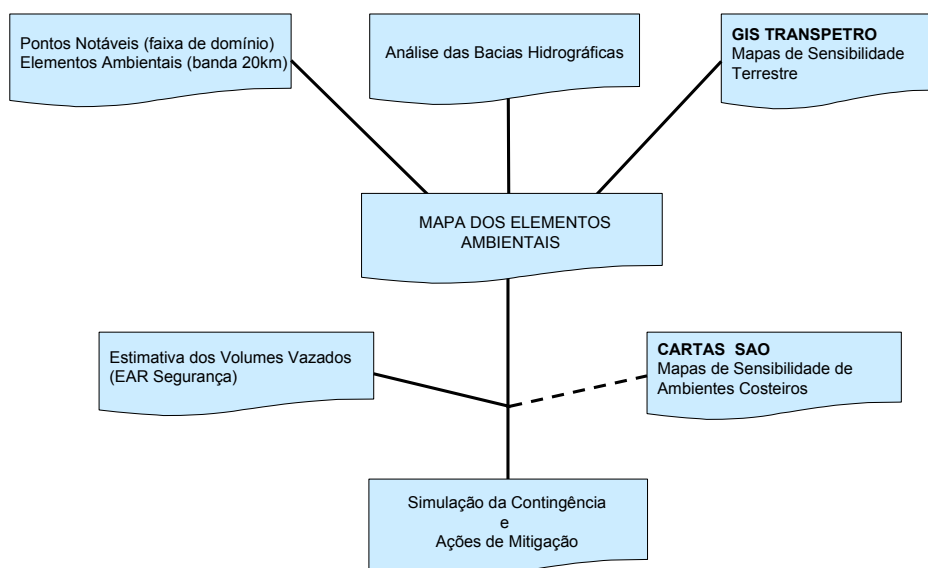


Figura 1. Estrutura do Mapeamento do Risco Ambiental

Quanto à sensibilidade ambiental, é apresentado em mapa a classificação dos elementos ambientais, os usos do solo e os recursos hídricos, bem como pontos notáveis, que são suscetíveis a potenciais vazamentos em dutos que transportam hidrocarbonetos de baixa pressão de vapor, para subsidiar os planos e ações de contingência.

Quanto à análise das ações de contingência para proteção dos elementos ambientais, são realizadas reuniões buscando simular vazamentos ao longo das faixas de dutos nas áreas complexas, e identificar as ações mais recomendadas para a mitigação da repercussão dos vazamentos no meio. Esta reunião poderá desencadear ações proativas da PETROBRAS/TRANSPETRO, frente aos cenários acidentais projetados. A estrutura do MARA é representada na Figura 1.

### **3.1. Considerações sobre Mapas Temáticos**

Para a avaliação de ambientes terrestres foram criados Mapas dos Elementos Ambientais Passíveis de Impacto por Vazamento em Oleoduto, os quais apresentam: traçado do duto com indicação da quilometragem (km), hidrografia natural, hidrografia passível de impacto, sentido da drenagem, malhas viárias, unidades de conservação, uso do solo, fauna, captação de água e classificação da sensibilidade ambiental (ambientes naturais). Para elaboração dos mapas foram utilizadas informações do banco de dados do GIS-TRANSPETRO, que fornece imagens e camadas temáticas, dados de engenharia, geoposicionamento de dutos, entre outros.

Para regiões rurais, a metodologia busca interpretar as interferências dos derrames acidentais e as ações da emergência, por meio do uso de mapas temáticos, na escala 1:50.000, sobre imagem de satélite.

Quanto à extensão do mapeamento rural, as indicações dos temas acima serão representadas na totalidade das áreas mapeadas, compreendida em faixa de 20km centrada na diretriz do duto.

Para regiões urbanas que interferem diretamente com o duto, o método considera fotos aéreas, analisadas na escala 1:10.000, compreendida em faixa de 1,5km centrada na diretriz do duto.

Quando necessária, a avaliação é complementada, pelos Mapas de Sensibilidade Ambiental a Derramamentos de Óleo em Ambientes Costeiros - Cartas SAO (Brasil, 2004).

### **3.2. Pontos Notáveis**

Pontos notáveis são elementos que podem interferir com a integridade do duto ou que podem estar vulneráveis no caso de um vazamento, estando localizados na faixa de servidão ou próximo à mesma, por exemplo, travessia de rios e comunidades.

Para o estudo do MARA, os pontos notáveis localizados na faixa de servidão, que impliquem em repercussão acidental sobre a população lindeira, não serão tratados pois já o foram no estudo de risco de segurança.

### **3.3. Elementos Ambientais**

Elementos Ambientais são as áreas prioritárias de proteção que podem ser afetadas por um vazamento na bacia hidrográfica analisada, tais como pontos de captação de água de uso urbano, industrial ou rural, unidades de conservação, habitats naturais, áreas agrícolas inundadas, corpos d'água, áreas importantes do ponto de vista socioeconômico, entre outros.

O método baseia-se na consideração que derrames de hidrocarbonetos ao atingirem a rede natural de drenagem, seguirão pelos condutores naturais até desaguar em outros corpos d'água, vindo pelo caminho impactar elementos ambientais ou de uso socioeconômico.



Figura 2. Exemplo de Elementos Ambientais em Área Urbana

A identificação dos elementos ambientais sensíveis localizados ao longo do traçado do duto e dos cursos d'água, facilita a focalização dos pontos críticos, isto é, aqueles que em caso de vazamento do óleo serão prioritariamente protegidos, propiciando um melhor direcionamento das ações de contingência.

Para área urbana, a Figura 2 apresenta o mapeamento dos elementos vulneráveis ao impacto, localizados a jusante do rio Jaguari (Paulínia/SP e Cosmópolis/SP). Neste exemplo, pode-se visualizar diferentes captações de água e regiões urbanas passíveis de impacto, distante do limite da faixa de servidão dos dutos.

Legenda:

- Duto
  - Duto
- Ponto Notável
- Dados Gerais
  - Divisa de município
  - Sentido da drenagem
- Captação de água
  - Industrial
  - Rural
  - Urbano
- Uso e ocupação do solo
  - Corpos d'água
- Sensibilidade ambiental / Vegetação natural
  - Mata ciliar (rio encaixado)
  - Mata de transição restinga / encosta



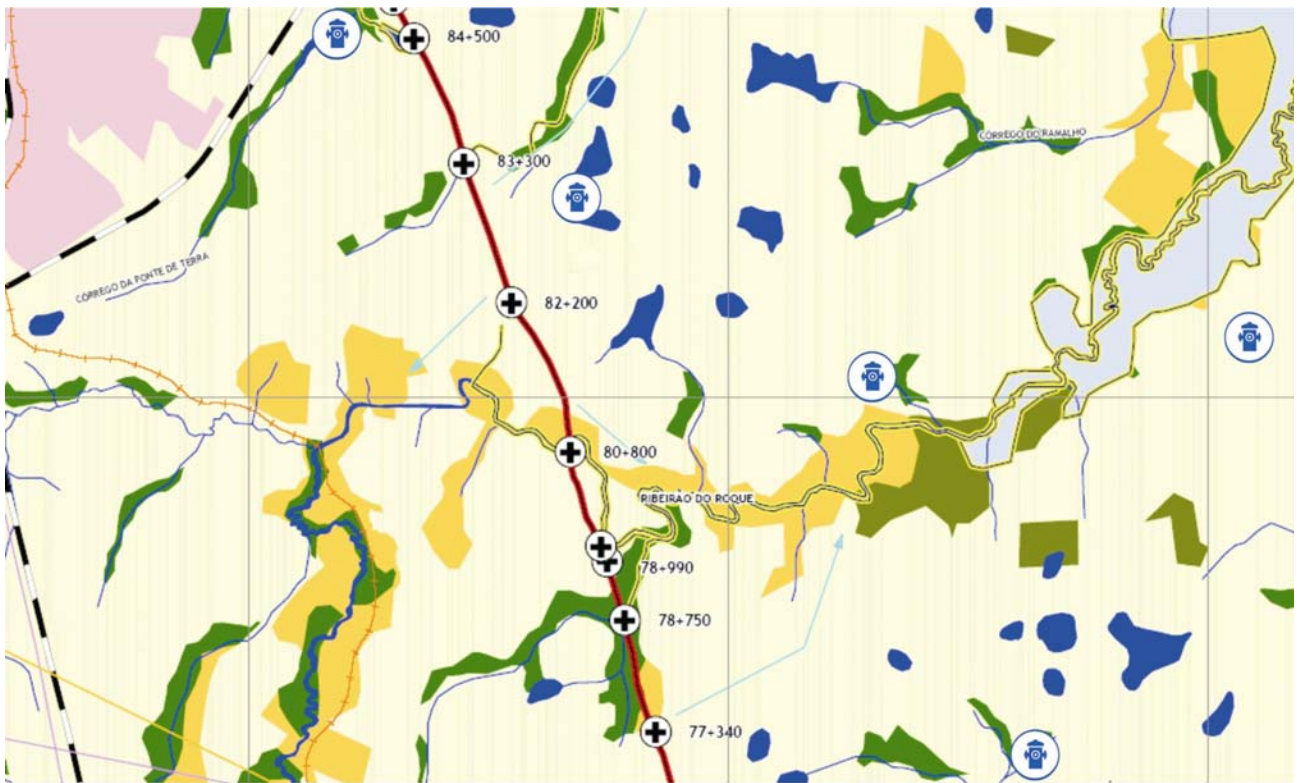


Figura 3. Exemplo de Elementos Ambientais em Área Rural (Matão de Cosmópolis)

Na Figura 3, pode-se identificar os elementos ambientais vulneráveis ao longo do Ribeirão do Roque (Pirassununga/SP), composta por áreas agrícolas e captações de água de uso rural, sendo algumas impactáveis e outras não, conforme indicado em amarela, sobre a hidrografia.

As Áreas de Preservação Permanente - APP conforme declaradas pelo código florestal não são destacadas como elementos ambientais, pois se estendem ao longo de todos os cursos d'água, potenciais condutores dos volumes vazados, os quais já foram destacados.



### 3.4. Classificação da Sensibilidade Ambiental

#### 3.4.1. Premissas

A classificação de sensibilidade ambiental refere-se aos ambientes naturais que podem ser potencialmente atingidos por derrames de petróleo e derivados.

Neste trabalho, são identificados os principais ecossistemas existentes nos ambientes naturais do sudeste e centro-oeste brasileiro, sendo estes agrupados em duas categorias : terrestres e ambientes de transição terrestre/aquático.

Os ambientes acima foram identificados e classificados de acordo com o critério de sensibilidade ambiental estabelecido na tabela 1. Nos aspectos relacionados à avaliação da sensibilidade dos ecossistemas, considerou-se como premissa para classificação, que estes ambientes estão em sua plenitude, apresentando a complexidade intrínseca do ecossistema típico, independentemente da sua condição ambiental atual.

Os ambientes aquáticos internos não foram classificados devido à extensão usual dos empreendimentos dutoviários, complexidade e quantidade dos corpos hídricos cruzados ou próximos aos oleodutos. A diversidade de informações, p.e. vazão, calha dos rios, ambientes lênticos/lóticos, entre outros, necessárias para classificação destes ambientes serão objeto de estudos futuros.

Em trechos de dutos situados em região litorânea, os ecossistemas costeiros são identificados e classificados de acordo com Especificações e Normas Técnicas para Elaboração de Cartas de Sensibilidade Ambiental para Derramamentos de Óleo, elaborado pelo Ministério do Meio Ambiente, denominadas Cartas de Sensibilidade ao Óleo - Cartas SAO (Brasil, 2004).

A avaliação da sensibilidade ambiental dos ambientes terrestres teve por base o mapeamento do uso do solo do GIS-TRANSPETRO, que representa os diferentes ecossistemas naturais existentes e a ocupação do solo ao longo das faixas de dutos.

### 3.4.2. Parâmetros Ambientais

Para a caracterização adiante, foram utilizadas as definições de fitofisionomias descritas por Mantovani (2003). Esta é a revisão mais abrangente e recente sobre os biomas brasileiros. Na ausência de definição por essa referência, fez-se uso de bibliografia especializada e das Resoluções CONAMA 01/94 e 07/96, que tratam da classificação da vegetação nativa para o estado de São Paulo.

Analisando os diferentes biomas das regiões sudeste e centro oeste, foram considerados os ecossistemas florestais mais representativos, sendo classificados por esta metodologia com diferentes valores de sensibilidade atribuídos conforme análise dos parâmetros biodiversidade e recuperação ambiental.

Tabela 1. Classificação da Sensibilidade Ambiental

AMBIENTES / HABITATS	Biodiversidade		Recuperação ambiental			Sensibilidade	
	RARIDADE ESPÉCIES RARAS	GRAU DE COMPLEXIDADE DA COMUNIDADE BIOLÓGICA	PERSISTÊNCIA DO ÓLEO NO AMBIENTE	GRAU DE COMPLEXIDADE DAS OPERAÇÕES DE LIMPEZA	RESTRICÇÕES À REGENERAÇÃO NATURAL	NÍVEL DE SENSIBILIDADE	CLASSIFICAÇÃO FINAL
CAMPO / CAMPO DE ALTITUDE	1	1	1	1	1	5	1a
VEGETAÇÃO DE DUNAS	1	1	1	1	1	5	1b
CAMPO DE RESTINGA	2	1	2	1	2	8	2
CERRADO / CAMPO CERRADO	2	2	2	1	2	9	3
MATA CILIAR (RIO ENCAIXADO)	2	2	2	2	2	10	4
COMUNIDADES RUPESTRES (LITORÂNEAS)	3	3	1	1	3	11	5a
CAMPO RUPESTRE	3	3	1	1	3	11	5b
FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL	3	2	2	2	2	11	5c
JUNDU (ESCRUBE)	2	2	2	3	3	12	6a
MATA DE RESTINGA SOBRE/ENTRE CORDÕES ARENOSOS	3	3	2	2	2	12	6b
MATAS DE TRANSIÇÃO RESTINGA / ENCOSTA	2	3	1	3	3	12	6c
FLORESTA OMBRÓFILA Densa ATLÂNTICA	2	3	1	3	3	12	6d
CERRADÃO	3	2	3	2	2	12	6e
MATAS DE RESTINGA PALUDOSA	3	3	3	3	2	14	7
MATA CILIAR (VÁRZEA/ALAGADO)	3	3	3	3	3	15	8

Cada parâmetro analisado foi dividido em subitens sendo atribuído um valor de referência de forma a permitir uma classificação dos diversos ecossistemas e estabelecer a classificação da sensibilidade ambiental. Os valores foram estabelecidos empiricamente em três níveis: 1 - Baixo; 2 - Médio; e 3 – Alto.

Para o parâmetro biodiversidade ou “Diversidade biológica” foram avaliados os subitens ocorrência de espécies raras e grau de complexidade estrutural da comunidade biológica.

Para o parâmetro recuperação ambiental foram avaliados os subitens persistência do óleo no ambiente, grau de complexidade das operações de limpeza e capacidade de regeneração natural do ambiente.

Desta forma, a classificação ambiental resulta do somatório dos subitens de cada parâmetro avaliado, conforme Tabela 1.

### 3.5. Simulação da Contingência

Complementando os Mapas dos Elementos Ambientais Passíveis de Impacto por Vazamento em Oleoduto são realizadas reuniões para a simulação da Contingência com especialistas em emergência, meio ambiente e técnicos da faixa analisando de forma qualitativa a magnitude das repercussões acidentais dos vazamentos sobre o meio ambiente local, em travessias com ambientes sensíveis ou em regiões urbanas.

Nestas simulações, é avaliado o desdobramento de um derrame de produto transportado, com as informações da sensibilidade ambiental do meio terrestre (Pontos Notáveis e Elementos Ambientais). Na mesma reunião estão presentes técnicos com experiência em combate e especialista ambiental para reconhecimento dos ambientes mais sensíveis.

Preliminarmente à reunião de contingência são levantados Pontos Notáveis e Elementos Ambientais indicados nos mapeamentos e estudo de risco de segurança, para que possam ser feitas discussões sobre as origens e as ações das contingências.

Para os Pontos Notáveis identificados são calculados os volumes vazados durante a transferência e parada de emergência da operação, considerando as condições do gradiente hidráulico do trecho, coluna de produto, tempo de parada e fechamento das válvulas remotas e manuais. Sob aspecto conservativo, o estudo considera o maior volume vazado. Estas informações provêm do estudo de análise de risco de segurança do duto.

A reunião para a simulação da contingência gera uma planilha que sistematiza dados e informações obtidos no estudo ambiental, no EAR e nas localizações dos recursos disponíveis e adequados para atendimento às emergências, para cada trecho inferido do duto. A integração destas informações permite identificar pontos prioritários para proteção ambiental ao longo do duto e a elaboração de recomendações e medidas para orientação das ações de contingência. A Tabela 2 apresenta a Planilha de Contingência e o significado de seus campos.

Tabela 2. Planilha de Contingência

TRECHO DO VAZAMENTO (Km – Km)	PONTOS NOTÁVEIS (Km)	MÁXIMO VOLUME VAZADO (m3)	TEMPO DO VAZAMENTO (minutos)	TEMPO DE REPOSTA DE EMERGÊNCIA (minutos)	EFEITOS (Prováveis Recursos Impactados)	ORIGEM DO GRUPO DE COMBATE	AÇÕES DA EMERGÊNCIA	RECOMENDAÇÕES MEDIDAS MITIGADORAS	HIPÓTESE n°
# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6	# 7	# 8	# 9	# 10

**Nota:**

- # 1. Estabelece o intervalo físico do duto (km) capaz de impactar o mesmo corpo d’água principal, para cada bacia hidrográfica estudada.
- # 2. Pontos notáveis são elementos que podem interferir com a integridade mecânica do duto, estando localizados na faixa de servidão ou próxima da mesma.
- # 3. Volume formado pelos vazamentos em transferência e gravitacional, considerando os tempos de detecção, tomada de decisão, parada de bombeamento e bloqueio de válvulas remotas e manuais (cenário ruptura total).
- # 4. Tempo esperado para interrupção da transferência, acrescido do tempo necessário ao escoamento da coluna remanescente de produto, no ponto notável estudado (cenário ruptura total).
- # 5. Tempo estimado entre o momento do início do vazamento até o início das ações de reconhecimento no local (cenário ruptura total).
- # 6. São os elementos ambientais sensíveis ao produto vazado e com potencial de serem impactados pelo acidente. Localizados ao longo dos cursos d’água ou na faixa de dutos.
- # 7. Identifica a origem da primeira equipe de contingência a atender ao derrame (grupo de combate a emergência).
- # 8. Descreve as principais intervenções do combate para reduzir a repercussão do derrame.
- # 9. Caso necessário e relevante, são listadas ações de ordem regional ou local adicionais para a emergência.
- # 10. Referência dos cenários ambientais.

#### 4. Estrutura de Relatório do MARA

A estrutura do relatório da metodologia MARA, desenvolvida em conjunto a CETESB, é consolidada para cada estudo, por meio de um caderno seguindo a itemização abaixo:

1. descrição das bacias hidrográficas sob influência da faixa de dutos, com seus rios principais, afluentes e o uso da água;
2. descrição dos Elementos Ambientais Sensíveis, ao longo das bacias hidrográficas e faixa de dutos;
3. Estimativa dos volumes e tempos de vazamentos, prováveis recursos impactados, bem como os primeiros recursos da ação da emergência;
4. Planilhas da Reunião de Contingência;
5. Mapas dos Elementos Ambientais Passíveis de Impacto por Vazamento em Oleoduto;
6. Ações de Mitigação e Conclusões.

#### 5. Conclusões

Antes do trabalho conjunto com CETESB, a metodologia MARA foi objeto de dois ensaios em faixas de oleodutos para que pudéssemos entender as contribuições para reconhecimento do risco ambiental. A partir disto, foi reescrita uma metodologia em conjunto com a CETESB. Podemos dizer que MARA apresenta as seguintes contribuições:

- visualiza os elementos ambientais por meio de imagens de satélite e fotos aéreas;
- visualiza as drenagens afetadas;
- conhece, classifica e busca proteger os elementos sensíveis que podem ser impactados;
- planeja os recursos humanos e materiais necessários para um eventual acidente;
- possibilita criar previamente estratégias de combate;
- utiliza os mapas e tabelas geradas no MARA para treinamentos e simulados;
- melhora os tempos de resposta à emergência;
- complementa o estudo de risco de segurança com a visão ambiental.

#### 6. Agradecimentos

O grupo envolvido neste trabalho foi maior, ficando nosso agradecimento aos gerentes e técnicos da CETESB, PETROBRAS/ENGENHARIA/IETEG/ETEG/EAMB, TRANSPETRO/DT-SP/SMS e CONSULTORIA PAULISTA, que contribuíram para a metodologia MARA.

#### 7. Referências

- Mantovani, W. Patrimônio Ambiental Brasileiro. São Paulo: EDUSP, 2003.
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Especificações e Normas Técnicas para elaboração de cartas de sensibilidade ambiental para derramamentos de óleo/Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental nos Assentamentos Urbanos. Programa de Gerenciamento Ambiental Territorial. Projeto de Gestão Integrada dos Ambientes Costeiro e Marinho – Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 107p. 2004.
- PETROBRAS. Memorial Descritivo MD-3103.00-6510-985-EAMB-001, Rev.G, nov-2004.
- Resolução CONAMA nº 01. “Define vegetação primária e secundária nos estágios pioneiro, inicial, médio e avançado de regeneração da Mata Atlântica, a fim de orientar os procedimentos de licenciamento de exploração da vegetação nativa em São Paulo” - Data da legislação: 31/01/1994 - Publicação DOU: 03/02/1994.
- Resolução CONAMA nº 07. "Aprova os parâmetros básicos para análise da vegetação de restingas no Estado de São Paulo" - Data da legislação: 23/07/1996 - Publicação DOU: 26/08/1996.