

ESTÊVÃO MARCOS BARSANTE SANTOS

**ESTUDO DA VIABILIDADE DE APLICAÇÃO DA ANÁLISE DOS
MODOS DE FALHA E EFEITOS – FMEA NA CONSTRUÇÃO DE UM
GASODUTO**

**EPMI
ESP/EST-2010
Sa59v**

**SÃO PAULO
2010**

ESTÊVÃO MARCOS BARSANTE SANTOS

**ESTUDO DA VIABILIDADE DE APLICAÇÃO DA ANÁLISE DOS
MODOS DE FALHA E EFEITOS – FMEA NA CONSTRUÇÃO DE UM
GASODUTO**

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de
Engenheiro de Segurança

**SÃO PAULO
2010**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela oportunidade de viver e lutar pelos meus ideais.

Ao meu querido pai Ariovaldo (em memória) por ter acreditado antes de tudo na minha capacidade profissional permitindo por sua visão paternal que eu fosse capaz de vencer mais um desafio que a vida me impôs nesses últimos anos.

À minha querida mãe Sônia por me proporcionar com seu amor, exemplo, dedicação e força uma formação moral, religiosa e educacional.

À minha esposa Raquel por estar sempre presente nas minhas lutas diárias, me amando, apoiando e incentivando, independentemente dos momentos que atravessamos.

Ao meu amigo e colega de trabalho Renato por me incentivar a fazer minha pós-graduação, a qual tanto me acrescenta no meu dia a dia.

E também à paciência e carinho de todos aqueles que estão presentes no meu dia-a-dia, sempre me apoiando e ajudando a resolver as dificuldades!

RESUMO

Este estudo procurou verificar a viabilidade da aplicação da metodologia FMEA (Modo de falha e Análise de Efeitos) na análise dos impactos ambientais gerados na construção de um gasoduto por uma empresa do ramo da construção, e constante ou não, mostrar a importância da verificação da viabilidade de implantação. Procurou-se identificar potenciais impactos socioambientais ocasionados pela ação do homem, e a metodologia FMEA, identificou as adaptações dos índices de severidade, ocorrência e detecção. Os resultados mostraram que a metodologia FMEA aplicado em obras de gasoduto é uma ferramenta bastante eficaz, pois possibilita um melhor conhecimento dos problemas e dificuldades no processo de construção, permitindo o monitoramento desde a concepção do projeto até a construção e montagem do mesmo. Conclui-se que o FMEA é um método eficiente para quantificarmos os efeitos das possíveis falhas, o que nos permitiu estabelecer diretrizes com vistas à prevenção dos riscos ambientais e que é fundamental na avaliação de riscos ambientais dos produto/processo/função haja periodicamente uma reavaliação do FMEA a partir de experiências acumuladas, o que exige uma rotina de aprimoramento contínuo por parte da empresa.

Palavras chave: Impactos ambientais, FMEA, Gasoduto.

ABSTRACT

This study sought to determine the feasibility of applying FMEA(Failure Mode and Analysis Effects) methodology in the analysis of environmental impacts arising from the construction of a pipeline by an undertaking of the construction business, and constant or not, show the importance of verification of feasibility of deployment. We have tried to identify potential environmental impacts incurred by human action and FMEA methodology identified the adaptations of severity indices, occurrence and detection. The results showed that the FMEA methodology applied in works of pipeline is a very effective tool, allowing a better understanding of the problems and difficulties in the process of construction, allowing monitoring project from conception to construction and mounting of the same. The FMEA is an efficient method for quantify the effects of possible failures, which allowed us to establish guidelines for the prevention of environmental risks and that it is essential that the environmental risk assessment of product/process/function there are periodically a reassessment of the FMEA from accumulated experiences, which requires a routine of continuous improvement by the company.

Words key: Environmental, FMEA, Pipeline

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Gasodutos Construídos no Brasil até 2010..... | 15 |
| Figura 2 – Gasodutos em construção e em projeto no Brasil até 2010..... | 16 |
| Figura 3 – Fluxograma FMEA..... | 24 |
| Figura 4 – Mapa da Empresa Estudada..... | 30 |
| Figura 5 – Teodolito utilizado pelos topógrafos para locar a faixa domínio do gasoduto..... | 31 |
| Figura 6 – Estaca testemunha utilizada como marcador da faixa domínio..... | 32 |
| Figura 7 – Supressão Vegetal para abertura de vala..... | 32 |
| Figura 8 – Abertura e preparação da vala..... | 33 |
| Figura 9 – Vista da Vala aberta na faixa domínio..... | 33 |
| Figura 10 – Transporte de tubos em área alagada..... | 34 |
| Figura 11 – Transporte de tubos por meio de balsa..... | 34 |
| Figura 12 – Curvamento de tubos em obras de gasoduto..... | 35 |
| Figura 13– Preparação de Concretagem de tubos..... | 36 |
| Figura 14 – Concretagem de tubos evitando despejo de concreto no solo..... | 36 |
| Figura 15 – Processo de soldagem na tubulação..... | 37 |
| Figura 16 – Realização de END por ultrassom..... | 37 |
| Figura 17 – Limpeza de juntas por jateamento..... | 37 |
| Figura 18 – Revestimento com fita de polietileno..... | 38 |
| Figura 19 – Abaixamento da tubulação com escavadeira..... | 39 |
| Figura 20 – Cobertura da vala..... | 39 |
| Figura 21 – Coluna pronta para lançamento na travessia..... | 40 |
| Figura 22 – Instalação de Gasoduto em travessias..... | 40 |
| Figura 23 – Exemplo de placa sinalizadora de duto..... | 41 |
| Figura 24 – Exemplo de muro de contenção em obras de gasoduto..... | 41 |
| Figura 25 – Processo de sementeira para revegetação..... | 42 |
| Figura 26 – Bombas de captação da água para realização do teste Hidrostático..... | 43 |
| Figura 27 – Bombas de enchimento da tubulação – Preparação do teste Hidrostático..... | 43 |
| Figura 28 – Bancada de Teste Hidrostático em obras de gasoduto..... | 44 |

| | |
|---|----|
| Figura 29 – “Pig” geométrico utilizado para verificar amassamento em toda a extensão do gasoduto..... | 44 |
| Figura 30 – “Pig” geométrico utilizado para verificar grandes reduções no diâmetro interno do gasoduto..... | 44 |
| Figura 31 – Gráfico de áreas..... | 61 |
| Figura 32 – Aplicação do gráfico de áreas..... | 61 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Usos do Gás no Brasil..... | 14 |
| Tabela 2 – Gravidade de um impacto ambiental de um modo potencial de falha relativo ao meio ambiente..... | 22 |
| Tabela 3 – Classificação de Ocorrência..... | 22 |
| Tabela 4 – Classificação de Detecção..... | 23 |
| Tabela 5 – Modelo de FMEA..... | 29 |
| Tabela 6 – Exemplo de FMEA da empresa estudada..... | 62 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|-------------|---|
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| ADTR | Área de Depósito Temporário de Resíduo |
| AIAG | Automotive Industry Action Group's |
| ANP | Agência Nacional do Petróleo |
| API STD 104 | American Petroleum Institute Standard 104 |
| APQP | Advanced Product Quality Planning |
| CE | Consideração Especial |
| CONAMA | Conselho Nacional do Meio Ambiente |
| DDSMS | Diálogo Diário de Segurança Meio Ambiente e Saúde |
| DRBFM | Design Review based on Failure Mode |
| END | Ensaio não destrutivo |
| FMEA | Failure Mode and Effects Analysis |
| GLP | Gás Líquido Perfeito |
| IRA | Índice de Risco Ambiental |
| ISSO | Internacional Standardization Association |
| MIL-P-1629 | Military Procedure 1629 |
| NBR | Norma Brasileira |
| QSMS | Qualidade, Segurança , Meio Ambiente e Saúde |
| RIMA | Relatório de Impacto ao Meio Ambiente |
| SDV | Shutdown Valves |
| TA | Terminal Aquaviário |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 12 |
| 1.1 OBJETIVOS..... | 13 |
| 1.2 JUSTIFICATIVA..... | 13 |
| 2. REVISAO DA LITERATURA..... | 14 |
| 2.1 USOS E VIABILIDADE DO GÁS NATURAL..... | 14 |
| 2.2 DEFINIÇÃO DE GASODUTO..... | 16 |
| 2.3 IDENTIFICAÇÃO DOS IMPACTOS SOCIAMBIENTAIS..... | 16 |
| 2.4 ANÁLISES DE MODO E EFEITOS DE FALHA POTENCIAL..... | 18 |
| 2.4.1 Histórico e Estrutura..... | 18 |
| 2.5 MODELOS PARA APLICAÇÃO DO FMEA NO SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL..... | 20 |
| 2.6 EXEMPLOS DE FMEA..... | 25 |
| 3. MATERIAIS E MÉTODOS..... | 30 |
| 3.1 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DA EMPRESA ESTUDADA..... | 30 |
| 3.2 FASES DA CONSTRUÇÃO DO GASODUTO..... | 31 |
| 3.3 PLANEJAMENTO DO FMEA..... | 45 |
| 4. RESULTADO E DISCUSSÕES..... | 46 |
| 4.1 CONSTRUINDO O FMEA..... | 46 |
| 4.1.1 Definição do Sistema para Aplicação do FMEA..... | 46 |
| 4.1.2 Preenchimento do FMEA..... | 46 |
| 4.1.3 Análise por função do FMEA completo..... | 46 |
| 4.1.4 Status das Recomendações..... | 60 |
| 4.1.5 Método do gráfico de áreas – priorização do tratamento dos modos de falha..... | 61 |
| 4.3 FMEA COMPLETO..... | 62 |
| 5.CONCLUSÃO..... | 67 |
| REFERÊNCIAS..... | 68 |

1 INTRODUÇÃO

FMEA (*Failure Modes and effects Analysis*) foi um procedimento adotado pelas forças armadas dos Estados Unidos em 1949 (MIL-P-1629) com o objetivo de avaliar a confiabilidade das missões militares americanas, determinando falhas de sistemas e equipamentos, analisando seus efeitos. Na década de 60, a NASA durante o projeto APOLLO recorreu ao referido procedimento a fim de detectar e evitar falhas na construção de foguete aeroespacial.

A utilização do FMEA pela NASA, em seu programa espacial, objetivou assegurar a ida do homem à Lua com segurança. A partir de então a aplicação desse procedimento não se restringiu à área militar e expandiu-se para o setor industrial. No final da década de 70, a Ford Motor Company introduziu o FMEA na indústria automotiva com propósito semelhante de análise e avaliação da segurança na linha de produção e na regulamentação de seu produto.

Indústrias e serviços de naturezas diversas vêm se utilizando do FMEA, tanto em processamento de semicondutores, de plásticos, de software, como também em áreas de alimentação e saúde. É um procedimento que, atualmente, integra Automotive Industry Action Group's (AIAG) e Advanced Product Quality Planning (APQP) tendo em vista evitar riscos em processo de desenvolvimento do produto. Com base numa metodologia específica, o FMEA avalia causas potenciais e efeitos produzidos no produto e também em fase de sua produção, além dos riscos decorrentes das falhas detectadas.

A empresa Toyota antecipou-se ao adotar o Design Review baseado no Modo de Falha (DRBFM), cuja metodologia passou a ser adotada pela American Society for Quality, fornecedora de guias detalhadas sobre a aplicação da referida metodologia, utilizada, então, para avaliar a gestão dos riscos, uma prioridade na detecção de vulnerabilidades que constituem uma ameaça à qualidade do processo e do produto. Baseando-se no FMEA, selecionam-se ações corretivas que reduzem os impactos cumulativos em decorrência do ciclo de vida do produto, além das consequências e os riscos de falhas no sistema de seu funcionamento (QUALITY ASSOCIATION INTERNACIONAL, 2010).

1.1 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho consiste em avaliar os riscos inerentes às atividades de gasoduto e os impactos ambientais decorrentes de trabalhos dessa natureza sob a ótica do método de análise e prevenção de falhas conhecido por FMEA.

1.2 JUSTIFICATIVA

As empresas que trabalham com gás necessitam direcionarem-se não só para a melhoria da qualidade de seus serviços, mas também para a melhoria do desempenho de seus processos em observância às condições ambientais. Verificou-se na literatura a falta da ferramenta FMEA em obras de gasoduto. Este trabalho pretende demonstrar a necessidade de se implementar o procedimento FMEA em obras de gasoduto.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 USOS E VIABILIDADES DO GÁS NATURAL

O gás natural transportado pelo gasoduto é a terceira maior fonte de energia primária no mundo, superada apenas pelo petróleo e o carvão. O gás em questão pode ser utilizado como combustível, na indústria, no comércio, na redução do minério de ferro, na recuperação de petróleo em campos petrolíferos, como matéria-prima nas indústrias petroquímicas, de fertilizantes e de ferro. O gás natural pode ser utilizado como energia para gerar eletricidade, seja para usinas termelétricas, indústrias, instalações comerciais e de serviços. (ANP, 2001)

Tabela 1 – Usos do Gás no Brasil.

| | |
|----------------------------------|--|
| Uso domiciliar | Cozimento de alimento; Aquecimento: higiene pessoal e ambiental. |
| No comércio, destacam-se | Cozimento de alimento: cozinhas industriais; (hotéis, restaurantes, hospitais, fábricas e universidades) Aquecimento: shopping centers, hotéis, bares, restaurantes, etc. |
| No setor industrial, destacam-se | Tratamento térmico; Fundições / Siderúrgicas; Indústria de Latas de Alumínio (alimentação de fornos, reciclagem e fabricação); Aplicações têxteis; Indústria Naval; Indústria de vidro; de papel e Celulose (Secagem); de Cerâmica: pisos, louças, tijolos, telhas, louças sanitárias (pigmentação); Automobilística (Câmaras de pintura e secagem); Soldas de metais não ferrosos e cortes de chapas; de cocção de alimentos; de bebidas (movimentação de estoques paletizados/ empilhadeiras) de material plástico; de cimento (pré-aquecimento de fornos); Química (Laboratórios); Lavanderias; |
| Na agropecuária, destacam-se | Torrefação de grãos (secagem de grãos); Matadouros (marcação de gado); Desinfecção/Higienização a fogo de estabelecimentos; Avicultura (aquecimento do criatório de aves); Horticultura (aquecimento de estufas de plantas ornamentais); |

No quadro descritivo, figura 1, registra-se a forma mais utilizada do gás como GLP – gás de cozinha.

A utilização de gás natural tem importância na redução de agentes poluentes nos segmentos de transporte coletivo e de cargas. Existem hoje 6895,4 Km de gasodutos construídos no Brasil e já está programada a construção de 2525,1 Km, além de 5831 Km em fase de projeto, o que evidencia que o setor de construção de gasoduto no país está em expansão. (GASNET, 2010)

| Nome | Origem | Município | UF | Destino | Município | UF | Dia(pol) | L(km) | Início | Operador |
|---------------------------------------|----------------------|---------------------------|---------|---------------------|---------------------|----|----------|--------|--------|-------------|
| Gasalco | Pilar | Pilar | AL | Cabo | Cabo | PE | 12 | 204,0 | N/D | Transpetro |
| Gasfor | Guamaré | Guamaré | RN | Pecém | S. Gonçalo Amarante | CE | 12 e 10 | 383,0 | 1999 | Transpetro |
| Hordestão | Guamaré | Guamaré | RN | Cabo | Cabo | PE | 12 | 424,0 | 1986 | Transpetro |
| Gaseb | Atalaia | Atalaia | SE | Catu | Pojuca | BA | 14 | 230,0 | 1974 | Transpetro |
| Ramal TermoFortaleza | Pecém | São Gonçalo Amarante | CE | TermoFortaleza | Caucaia | CE | 10 | 1,9 | N/D | Transpetro |
| Ramal TermoPernambuco | Ipojuca | Ipojuca | PE | Ipojuca | Ipojuca | PE | 16 | 12,0 | N/D | Transpetro |
| Candeias - Aratu | UPGN - S. Candeias | Candeias | BA | Aratu | Aratu | BA | 12 | 22,0 | 1970 | Transpetro |
| Candeias - Camaçari | UPGN - Candeias | Candeias | BA | Camaçari | Camaçari | BA | 12 | 37,0 | 1981 | Transpetro |
| Candeias - Camaçari | UPGN - S. Candeias | Candeias | BA | Camaçari | Camaçari | BA | 14 | 37,0 | 2003 | Transpetro |
| Santiago - Camaçari | UPGN - Santiago | Pojuca | BA | Camaçari | Camaçari | BA | 14 | 32,0 | 1975 | Transpetro |
| Santiago - Camaçari | UPGN - Santiago | Pojuca | BA | Camaçari | Camaçari | BA | 16 | 32,0 | 1992 | Transpetro |
| Santiago - Camaçari | UPGN - Santiago | Pojuca | BA | Camaçari | Camaçari | BA | 16 | 32,0 | 1992 | Transpetro |
| Gasmel | Alto Rodrigues | Alto Rodrigues | RN | Serra do Mel | Serra do Mel | RN | 24 | 31,4 | 2007 | Transpetro |
| Catu - Itaporanga | Catu | Catu | BA | Itaporanga | Itaporanga | SE | 26 | 198,0 | 2007 | Transpetro |
| Itaporanga - Carmópolis | Itaporanga | Itaporanga | SE | Carmópolis | Carmópolis | SE | 26 | 65,0 | 2007 | Transpetro |
| Carmópolis - Pilar | Carmópolis | Carmópolis | SE | Pilar | Pilar | AL | 26 | 175,0 | 2007 | Transpetro |
| Atalaia - Itaporanga | Atalaia | Aracaju | SE | Itaporanga | Itaporanga | SE | 14 | 29,0 | 2007 | Transpetro |
| Santa Rita - São Miguel de Taipu | Santa Rita | Santa Rita | PB | São Miguel de Taipu | São Miguel de Taipu | PB | 8 | 25,0 | 2005 | Transpetro |
| Gasvol | Reduc | Duque de Caxias | RJ | Evol | Volta Redonda | RJ | 18 | 95,3 | 1986 | Transpetro |
| Gasvit | Serra | Serra | ES | Viana | Viana | ES | 8 | 43,0 | 1996 | Transpetro |
| Lagoa Parda - Vitória | Lagoa Parda | Linhares | ES | Vitória | Vitória | ES | 8 | 100,0 | 1983 | Transpetro |
| Gasv | Cabunas | Macaé | RJ | Vitória | Vitória | ES | 28 | 302,0 | 2008 | Transpetro |
| Gasv | Cabunas | Macaé | RJ | Vitória | Vitória | ES | 28 | 302,0 | 2008 | Transpetro |
| Cacimbas - Vitória | Cacimbas | Linhares | ES | Vitória | Vitória | ES | 26 e 16 | 116,8 | 2007 | Transpetro |
| Gasduc I | Cabunas | Macaé | RJ | Reduc | Duque de Caxias | RJ | 16 | 184,0 | 1982 | Transpetro |
| Gasduc II | Tecub | Macaé | RJ | Reduc | Duque de Caxias | RJ | 20 | 182,1 | 1996 | Transpetro |
| Gasbel | Reduc | Duque de Caxias | RJ | Regap | Betim | MG | 16 | 357,0 | 1996 | Transpetro |
| Gasbel | Reduc | Duque de Caxias | RJ | Regap | Betim | MG | 16 | 357,0 | 1996 | Transpetro |
| Gaspal | Evol | Volta Redonda | RJ | Recap | Capuava | SP | 22 | 324,5 | 1988 | Transpetro |
| Gaspa | Recap | Capuava | SP | Rboc | Cubatão | SP | 12 | 41,6 | 1993 | Transpetro |
| Gasca | Campinas | Campinas | SP | Japeri | Japeri | RJ | 28 | 453,0 | 2007 | Transpetro |
| Gasbol Trecho Norte | Corumbá | Corumbá | MS | Replan | Paulínia | SP | 32 | 1264,0 | 1999 | TBG |
| Gasbol Trecho Sul | Campinas | Campinas | SP | Porto Alegre | Porto Alegre | RS | 24 e 16 | 1190,0 | 2000 | TBG |
| Gasbol Paulínia - Guararema | Paulínia | Paulínia | SP | Guararema | Guararema | SP | 24 | 153,0 | 1999 | TBG |
| Uruguarana - Porto Alegre(Trecho I) | Leito do Rio Uruguai | Divisa Brasil - Argentina | RS | Uruguarana | Uruguarana | RS | 24 | 25,0 | 2000 | TSE |
| Uruguarana - Porto Alegre(Trecho III) | Copacabana | Triunfo | RS | Relap | Canoas | RS | 24 | 24,8 | 2000 | TSE |
| Lateral Curitiba | San Matias | San Matias | Bolívia | Curitiba | Curitiba | MT | 18 | 283,0 | 2001 | Gasocidenta |

Figura 2 – Gasodutos construídos no Brasil até 2010.

| Nome | Origem | Município | UF | Destino | Município | UF | Dia(pol) | L(km) | Status | Operador |
|---|-------------|-----------------|----|--------------------|-------------------------|----|----------|--------|---------------|------------|
| Japen - Reduc | Japen | Japen | RJ | Reduc | Duque de Caxias | RJ | 28 | 40,0 | Em construção | Transpetro |
| Paulínia - Jacutinga | Replan | Paulínia | SP | Jacutinga | Jacutinga | MG | 14 | 80,0 | Em construção | Transpetro |
| Gasduc II | Tecob | Macaé | RJ | Reduc II | Duque de Caxias | RJ | 38 | 183,0 | Em construção | Transpetro |
| Gastau | UTGCA | Caraguatatuba | SP | Taubaté | Taubaté | SP | 28 | 98,0 | Em construção | Transpetro |
| Gasacac | Çacimbas | Linhães | ES | Catu | Catu | BA | 28 | 954,0 | Em construção | Transpetro |
| Gasam II | ECGM* | Mauá | SP | ESB** | São Bernardo do Campo | SP | 12 E 22 | 40,0 | Em projeto | Transpetro |
| Gaspat II | Guararema | Guararema | SP | Mauá | Mauá | SP | 22 | 53,0 | Em projeto | Transpetro |
| Porto de Pecém - Gasfor | Pecém | Caucáia | CE | Gasfor | São Gonçalo do Amarante | CE | 20 | 19,1 | Em construção | Transpetro |
| Ramal Fafem - Sergás | Riachoelo | Riachoelo | SE | Laranjeiras | Laranjeiras | SE | 8 | 21,7 | Em construção | Transpetro |
| Pier de GNL - Campos Eliseos | Pier de GNL | Rio de Janeiro | RJ | Campos Eliseos | Duque de Caxias | RJ | 28 | 16,0 | Em construção | Transpetro |
| Ramal Campos Eliseos - Anel de Gás Residual | Reduc | Duque de Caxias | RJ | Reduc | Duque de Caxias | RJ | 20 | 2,3 | Em construção | Transpetro |
| Pilar - Ipojuca | Pilar | Pilar | AL | Porto de Suape | Ipojuca | PE | 24 | 190,0 | Em construção | Transpetro |
| Gasbel II | Tevol | Volta Redonda | RJ | São Brás do Suaçuí | São Brás do Suaçuí | MG | 18 | 260,0 | Em construção | Transpetro |
| Urucu - Coari (Gasol) | Urucu | Coari | AM | Coari | Coari | AM | 18 | 281,0 | Em construção | Transpetro |
| Coari - Manaus | Coari | Coari | AM | Manaus | Manaus | AM | 20 | 382,0 | Em construção | Transpetro |
| Urucu - Porto Velho | Urucu | Coari | AM | Porto Velho | Porto Velho | RO | 14 | 537,8 | Em projeto | Transpetro |
| Uruguaiana - Porto Alegre (Trecho II) | Uruguaiana | Uruguaiana | RS | Triunfo | Porto Alegre | RS | 24 | 565,0 | Em projeto | TSB |
| Gasoduto do Amazonas | Manaus | Manaus | AM | Nhamundá | Nhamundá | AM | 20 | 410,0 | Em projeto | TGM |
| Gasoduto do Centro Norte | Anápolis | Anápolis | GO | Imperatriz | Imperatriz | MA | 20 | 1687,0 | Em projeto | TCH |
| Gasoduto Meio Norte | Caucaia | Caucaia | CE | São Luiz | São Luiz | MA | 20 | 948,0 | Em projeto | TWN |
| Gasoduto do Pará | Açailândia | Açailândia | MA | Belém | Belém | PA | 20 | 774,0 | Em projeto | TGP |
| Gasoduto do Brasil Central | São Carlos | São Carlos | SP | Brasília | Brasília | DF | 20 | 817,0 | Em projeto | TGBC |

Figura 3 – Gasodutos em construção e em fase de projeto no Brasil até 2010.

2.2 DEFINIÇÃO DE GASODUTO

O gasoduto é uma tubulação utilizada para transportar gás natural de um lugar para outro, podendo fazer filtração em pontos estratégicos para a melhor obtenção do produto que se deseja, podendo ser também pressurizado. A distribuição de gás natural pode ser feita de qualquer ponto do gasoduto, por meio de ramificações. Na prática, a distribuição começa na estação receptora dos grandes dutos. (GASNET, 2010)

2.3 IDENTIFICAÇÃO DOS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS

No Brasil, país de riquíssima biodiversidade, as estratégias iniciais para minimizar impactos dos gasodutos sobre o ambiente foram implementadas, assegurando a preservação ou conservação da natureza, por meio de adaptações ou transferência de modelos adotados nos Estados Unidos. O objetivo, em geral, foi preservar espaços com atributos ecológicos importantes. Alguns desses espaços foram preservados para que suas riquezas naturais e estéticas fossem apreciadas pelos visitantes. (AMBIENTE BRASIL, 2010)

O Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, em resolução de nº 001/86, no art. 1º, define qual impacto ambiental advém de alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, o bem-estar da população e a qualidade do meio ambiente. (CONAMA, 2006)

O artigo 2, da resolução CONAMA, esclarece que qualquer atividade modificadora do meio ambiente dependerá da elaboração de Estudo de Impacto Ambiental e do respectivo Relatório de Impacto Ambiental – RIMA, a serem submetidos à aprovação do órgão competente para a obtenção de licenciamento ambiental. (CONAMA, 2006)

Acrescente-se que, a fim de monitorar os impactos sociais e ambientais advindos da implantação ou operação de uma obra, os incisos III e IV do artigo 6, da Resolução 001/86 do CONAMA, evidenciam que, nestes documentos, deve conter-se a definição das medidas mitigadoras dos impactos negativos, entre as quais citem-se os equipamentos de controle e os sistemas de tratamento de despejos, avaliando-se a eficiência de cada uma delas; e, por meio da elaboração do programa de acompanhamento dos impactos positivos e negativos, indicar os fatores e parâmetros a serem considerados. (CONAMA, 2006)

Na identificação dos impactos pode-se considerar, primeiramente, a variabilidade envolvida nas diferentes escalas espaciais (do local ao global) e temporais (do curto ao longo prazo), bem como as incertezas e controvérsias científicas que marcam a busca de compreensão da dinâmica evolutiva dos sistemas socioambientais contemporâneos. (AMBIENTE BRASIL, 2010)

Em razão da dinâmica desses sistemas, advém a importância de se verificar como está o andamento das ações compensatórias do meio ambiente, as quais, como já foram evocadas aqui, é uma exigência legal. Acresce que as transformações no ambiente local acontecem cotidianamente e são resultantes da reprodução da vida, com a produção dos lugares. Grandes obras de infraestrutura, contudo, podem intensificar ou acelerar esse processo, tornando tais mudanças impactantes. Juntamente ocorrerão muitas transformações socioambientais com a implantação de outras obras/projetos, ou mesmo pela

ausência delas, o que se refletirá no meio ambiente. (AMBIENTE BRASIL, 2010)

2.4 ANÁLISE DE MODO E EFEITOS DE FALHA POTENCIAL

Algumas empresas têm usado o FMEA (*Failure Modes and effects Analysis*) para identificação de impactos ambientais e análise de sua significância para dar prosseguimento ao processo que antecede a certificação de ISO 14001.

A necessidade de conhecer este método e adaptá-lo ao caso a ser estudado e analisar sua eficiência deve-se ao reconhecimento da importância das etapas de identificação e de análise de significância dos impactos em todo o processo de certificação, uma vez que são essas etapas que determinarão os objetivos, metas e programa de gestão de todo o Sistema de Gestão Ambiental a ser certificado.

2.4.1 Histórico e estrutura

A Análise dos Modos de Falha e Efeitos (FMEA) é um método de análise dos produtos e processos identificando-se todos os possíveis tipos de falha potencial. (ROTONDARO, 2008) É um procedimento de baixo risco eficiente para prevenção de problemas e identificação de soluções mais eficazes no que se refere a custos, a fim de prevenir tais problemas. Como um diário, o FMEA inicia-se na concepção de um projeto, processo ou serviço, e se mantém durante a vida de mercado do produto. Como procedimento, o FMEA oferece uma abordagem estruturada para avaliação, condução e atualização do desenvolvimento de projetos e processos em todas as disciplinas de sua organização. (PALADY, 1997)

O desenvolvimento e a execução do FMEA geram custos. Quando feitos de forma eficaz, entretanto, podem resultar em um retorno significativo de qualidade e confiabilidade. Esse retorno é obtido pela redução do custo de falha, reunindo o conhecimento coletivo de todos (a equipe) os que estão

comprometidos com o projeto, processo ou serviço. Embora, o custo de desenvolvimento do FMEA seja muito inferior, quando é feito por um indivíduo, as chances de melhor identificação e prevenção dos modos de falhas potenciais são consideravelmente menores e o retorno de qualidade/confiabilidade talvez não ultrapasse o custo de desenvolvimento e manutenção desse procedimento.

O FMEA não foi projetado para tomar o lugar das decisões ou do trabalho do engenheiro. A capacidade de ver o projeto de todas as perspectivas é uma das vantagens de se fazer o FMEA em equipe. Todas as áreas ou grupos que influenciam a confiabilidade final do projeto ou que podem ser atingidos pelo projeto são capazes de fornecer novas idéias. (PALADY, 1997) É importante que a equipe seja formada por pessoas com conhecimento sobre o processo, objeto da análise, e que haja participação de membros de toda os setores envolvidos. (ROTONDARO, 2008)

Os objetivos específicos do FMEA de projeto são:

1. Auxiliar na avaliação objetiva dos requisitos do projeto e das soluções alternativas;
2. Considerar os requisitos de manufatura e montagem no projeto inicial;
3. Aumentar a confiabilidade de produto;
4. Reduzir a necessidade de modificação de projeto;
5. Melhorar o planejamento da qualidade;
6. Permitir melhoramento contínuo no produto e projeto do processo.

O FMEA de processo tem o mesmo objetivo do FMEA de projeto. Seu objeto de estudo, porém, é o processo de fabricação, e o cliente pode ser o usuário final do produto, ou uma operação subsequente do processo de manufatura, uma operação de montagem, ou, ainda, uma operação de assistência técnica. (PALADY, 1997)

Para utilizar o FMEA com ênfase ambiental, foi necessário adaptar a classificação dos índices de "severidade", "ocorrência" e "detecção". O cálculo do Risco, entretanto, manteve-se o mesmo.

2.5 MODELOS PARA APLICAÇÃO DO FMEA NO SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL

Serão descritos, a seguir, os passos da sistemática de utilização do FMEA no Sistema de Gestão Ambiental:

Definição da equipe responsável. Uma vez que os riscos apresentam-se sob várias formas e em várias atividades distintas, importa que a análise seja feita com base no debate multidisciplinar com profissionais das diversas áreas do conhecimento. Cabe lembrar que inúmeros são os problemas levantados, sendo muitas vezes necessários conhecimentos técnicos específicos para seu adequado estudo. (PALADY, 1997)

Definição dos itens do Sistema de Gestão Ambiental que serão considerados. O objetivo a ser alcançado deve ser conhecido. É necessário para isso, definir claramente quais os itens a serem considerados, ou seja, é preciso responder a questões sobre avaliação de riscos ambientais. (PALADY, 1997)

Preparação prévia para coleta de dados. Antes de coletar os dados, é aconselhável a elaboração de uma listagem ampla, embora não exaustiva, dos elementos que podem auxiliar na organização para a identificação de seus aspectos ambientais. (PALADY, 1997)

Pré-filtragem dos aspectos ambientais considerados. Ao identificar os aspectos ambientais, é importante que a organização realize análises críticas, de modo a estabelecer um pré-filtro para assegurar sensatez no sistema de gestão ambiental. (SÁNCHEZ, 2006)

Identificação do processo a ser analisado. No cabeçalho do formulário do FMEA é descrito o processo em que serão analisados os riscos ambientais. (PALADY, 1997)

Identificação dos aspectos e impactos ambientais. A segunda e terceira colunas do formulário são preenchidas com os aspectos e os impactos ambientais associados ao processo descrito na primeira coluna. Os aspectos mais prontamente aparentes são aqueles regulamentados por legislação, como emissões atmosféricas, lançamentos de efluentes nos corpos d'água, disposição de resíduos no solo. (SÁNCHEZ, 2006)

Identificação das causas das falhas. A quinta coluna do formulário é preenchida com a causa potencial da falha, descrita como algo que possa ser corrigido ou controlado. (PALADY , 1997)

Identificação dos controles atuais de detecção das falhas ou causas. A sétima coluna do formulário corresponde aos controles atuais do processo/função, que são descrições dos modos de falha que podem ser detectados ou prevenidos. Estes controles são, por exemplo, dispositivos à prova de erro, monitoramento contínuo ou parcial, ou, ainda, uma avaliação pós-processo. (PALADY, 1997)

Determinação dos índices de criticidade. Correspondem às colunas 4, 5, 7 e 9 do formulário do FMEA. A determinação desses índices segue o seguinte critério: a gravidade do impacto. Este índice parte de uma análise do efeito do risco para avaliação de sua gravidade, que é estimado em uma escala de 1 a 10. (PALADY , 1997)

Tabela 2 – Gravidade de um impacto ambiental de um modo potencial de falha relativo ao meio ambiente.

| Gravidade do Impacto Ambiental | Classificação |
|--|----------------------|
| Muito Alta: produtos muito danosos ao meio ambiente que não são tratados pela organização (resíduos que apresentam as características: corrosividade, reatividade, explosividade, toxicidade, inflamabilidade, patogenicidade e reatividade). | 9 – 10 |
| Alta: produtos danosos ao meio ambiente que não são tratados pela organização (plásticos, metais, vidros). | 7 – 8 |
| Moderada: produtos pouco danosos ao meio ambiente que não são tratados pela organização (resíduos de fácil decomposição). | 4 – 6 |
| Baixa: produtos muito danosos, danosos, ou pouco danosos ao meio ambiente que são tratados pela organização. (Etanol) | 2 – 3 |
| Menor: produtos que não afetam o meio ambiente. (Produtos de limpezas ecológicas) | 1 |

Ocorrência da causa. Este índice parte de uma análise do efeito do risco para avaliação de sua probabilidade de ocorrência, que é estimado em uma escala de 1 a 10.

Tabela 3 – Classificação de Ocorrência.

| Ocorrência de impacto ambiental | Classificação |
|---|----------------------|
| Muito alta: o dano ambiental não pode ser evitado e ocorre varias vezes. | 9 – 10 |
| Alta: o dano ambiental pode ser evitado e ocorre varias vezes. | 7- 8 |
| Moderada: o dano ambiental ocorre ocasionalmente. | 4 – 6 |
| Baixa: o dano ambiental ocorre poucas vezes. | 3 |
| Muito baixa: não ocorre dano ambiental | 1 – 2 |

Grau de Detecção. Este índice parte de uma análise de uma causa do risco para avaliação do grau de controle possível de ser exercido sobre ele, é estimado em uma escala de 1 a 10. Entende-se por controle a capacidade de atuação no processo para evitar ou minimizar as causas do risco. Deste modo, deve ser analisada a possibilidade de previsão do evento de cada uma das causas, além dos respectivos níveis de controle possíveis de serem estabelecidos.

Tabela 4 – Classificação de Detecção

| Detecção | Classificação |
|---|----------------------|
| Não detecção: a empresa dificilmente detectará o dano ambiental e a sociedade pode sofrer contaminação. | 9 – 10 |
| Detecção: A empresa detecta facilmente o dano ambiental, porém não adota ações preventivas e corretivas. A sociedade pode sofrer contaminação. | 7 – 8 |
| Detecção: A empresa detecta facilmente o dano ambiental, porém não adota ações preventivas e corretivas. | 4 – 6 |
| Detecção: A empresa detecta facilmente o dano ambiental e adota ações preventivas e corretivas. | 1- 3 |

Análise dos riscos ambientais e plano de ações. A norma NBR ISO 14001/96 não define as metodologias a serem utilizadas para a identificação e a tomada de ações corretivas, somente determina que estas ações sejam adequadas à magnitude e características do problema em questão. A norma também orienta que as ações preventivas sejam implementadas e que exista um acompanhamento sistemático, a fim de assegurar sua eficácia. (CONAMA, 2010)

É aconselhável que sejam definidos responsáveis e datas previstas (coluna 11) para a realização das ações.

Revisão do plano de ação. O objetivo do plano de ação é reduzir o Índice de Risco Ambiental (IRA). Na coluna 11, consta uma breve descrição das ações realizadas. As ações, cujo resultado seja julgado ineficaz, devem ser submetidas a novo exame e reiniciadas, conforme a sua priorização.

Revisão do FMEA sempre que necessário. A reavaliação do produto/processo/função para os quais foram sugeridas ações deve ser contínua. Caso esta avaliação apresente um resultado insatisfatório, novas soluções devem ser buscadas para atenuar o impacto ambiental deste processos/produto/função. Deve-se considerar que o tratamento de problemas

potenciais requer um nível maior de conhecimento e capacitação. (PALADY, 1997)

A reavaliação do FMEA é de suma importância, uma vez que o processo de levantamento de aspectos ambientais é periódico. Cabe à empresa definir a periodicidade destas análises, mas a organização deve levar em consideração:

- alterações de leis ambientais existentes e pertinentes à organização;
- surgimento de novas leis ambientais;
- modificações do processo produtivo e serviços associados;
- reclamações das partes interessadas;
- incidentes ambientais potenciais;
- lançamento de novos produtos;
- reavaliação de um aspecto, anteriormente considerado significativo, que pode, após uma melhoria de processo, não gerar mais impactos significativos reais ou potenciais.

Na empresa estudada, o método de utilização do FMEA está de acordo com o Fluxograma da Fig. 7.

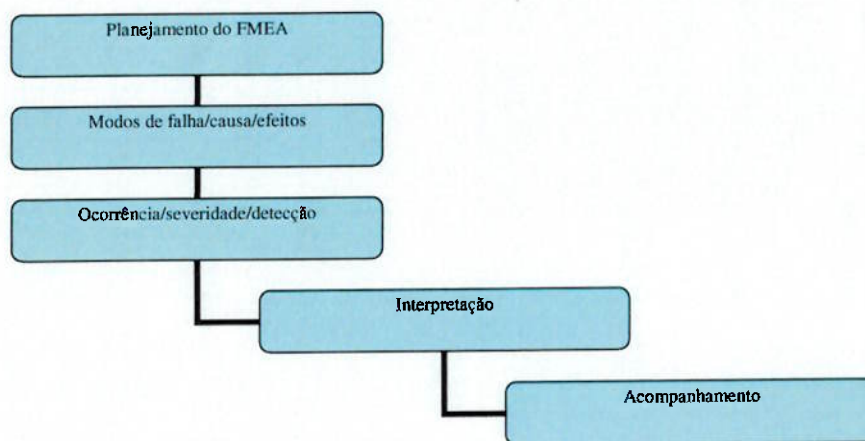


Figura 3 – Fluxograma FMEA

2.6 EXEMPLO DE FMEA

O cabeçalho do FMEA

O cabeçalho do FMEA identifica o tipo de FMEA, e quem é o responsável que aprova as revisões, data de início, do que se trata, quem está envolvido e qual foi a última informação incluída no formulário em questão. (PALADY, 1997)

As funções

Na coluna das funções no formulário do FMEA, descreve-se o que se deve fazer para o projeto ou o processo satisfazer o cliente. (PALADY, 1997)

Na elaboração dessa coluna, apresentam-se alguns problemas na prática, como:

- Todas as funções não são identificadas.
- A descrição da função não é concisa.
- A descrição não é exata.
- A descrição não usa linguagem direta.

Os modos de falha

Essa coluna do formulário do FMEA descreve uma não conformidade que o cliente não percebe. Devem ser considerados todos os modos de falha que possam ocorrer, mesmo aqueles que eventualmente não ocorram. Uma maneira de identificar os modos de falha é levantar as entradas de cada processo e verificar de que forma cada uma delas pode fracassar. (ROTANDARO, 2008).

Os efeitos

Essa coluna do formulário do FMEA indica qual será o impacto de cada modo de falha no cliente, ou seja, quais serão as consequências do modo de falha. Deve-se identificar o impacto do modo de falha sobre os requisitos do cliente. (ROTANDARO , 2008)

Severidade

Essa coluna do formulário do FMEA, ilustrado pela figura 7, indica qual a gravidade das consequências do modo de falha. A avaliação de severidade normalmente é medida em uma escala de 1 a 10. O número 1 indica que o efeito não é sério aos olhos do cliente ou que o cliente talvez nem perceba o efeito. O número 10 reflete os piores efeitos/consequências resultantes do modo de falha. Um valor alto na coluna de severidade sugere:

- A segurança dos clientes ameaçada pelos riscos que correm;
- O custo da falha será extremamente alto a ponto de ameaçar o bem-estar financeiro da organização.

As definições na escala de severidade devem refletir a natureza dos produtos/serviços que são projetados/fabricados pela organização. Sugere-se que esses exemplos sirvam como guia para o desenvolvimento de uma escala de severidade específica para a organização.

A escala de severidade mostra que a magnitude dos valores aumenta à medida que aumenta a gravidade do efeito. Algumas organizações que desenvolveram procedimentos internos de FMEA exigem que sejam considerados de forma especial os modos de falha que podem produzir efeitos com severidade estimada igual ou superior a 9.

Um procedimento, por exemplo, exige que todos os modos de falha com severidade igual ou superior a 9, que não pode ser reduzida em razão de limitações de tecnologia ou que sejam proibitivas em termos de custos, sejam transferidas e recebam Consideração Especial (CE) no que se segue:

- plano de inspeção;
- plano de controle de fabricação;
- plano de projeto;
- contrato da qualidade no acordo de compra.

Quando identifica um modo de falha com severidade igual ou superior a 9, a equipe deve investigar inicialmente quaisquer recomendações que possam reduzir esse valor. Um plano de inspeção é desenvolvido para avaliar esse modo de falha com alta severidade e o resultado confirma ou muda o modo de falha. Caso novas informações resultantes do teste fornecerem idéias para reduzir o valor de severidade a um valor inferior a nove 9, retira-se o indicador de consideração especial (CE) do modo de falha correspondente. Por outro lado, se o teste confirmar as conclusões originais do FMEA, o modo de falha é transferido para o plano de controle de fabricação, destacado na planta do projeto e mencionado no contrato da qualidade anexado ao acordo de compra. (PALADY , 1997)

Causa

Essa coluna do formulário busca a causa fundamental do modo de falha. Um único problema pode ser gerado por diferentes causas. (ROTANDARO , 2008)

Ocorrência

A coluna referida mensura a probabilidade de uma causa de falha vir a ocorrer (ROTANDARO, 2008). Com base na avaliação da ocorrência do modo de falha, fornece um valor estimado mais preciso da frequência com que o modo de falha ocorre. Normalmente é mensurável em uma escala de 1 a 10. (PALADY , 1997)

Formas de Controle

Coluna indicativa de quais controles foram planejados ou estão em vigor para garantir que todos os modos de falha sejam identificados e eliminados. Nem sempre é possível prever todo o problema potencial. Controles, portanto, são estrategicamente colocados com frequência no processo de desenvolvimento do projeto e no processo de fabricação. (PALADY , 1997)

Detecção

Essa coluna indica no formulário a chance de detectar o modo de falha antes de os produtos serem entregues ao cliente. Normalmente a falha é medida em uma escala de 1 a 10. A melhoria da detecção para o cliente, embora importante, não deve ser uma das últimas considerações. Um valor muito baixo da detecção sugere que esse modo de falha ou suas causas certamente serão detectados antes de chegarem ao cliente ou à operação seguinte. (PALADY , 1997)

Ações Recomendadas

Essa coluna indica as ações recomendadas para prevenir os problemas potenciais, reduzir a severidade/consequências dos problemas potenciais, aumentar a probabilidade de detectar problemas potenciais antes de chegarem ao cliente e fornecer ao cliente mecanismos detecção/advertência precoce no caso de problemas potenciais com alta severidade. (PALADY, 1997)

Situação das recomendações

Essa coluna indica o que está sendo feito no momento para avaliar a viabilidade das ações recomendadas. Antes de aprovar qualquer ação para abordar problemas potenciais, o líder da equipe deve determinar a tarefa de investigar detalhadamente a ação recomendada. (PALADY , 1997)

Tabela 5 – Modelo de FMEA

| FMEA - ANÁLISE DE EFEITOS E MODOS DE FALHA | | | | | | | | | |
|--|---------------|------------|--|------------|------------|---|------------|--------------------|-------------|
| DESCRIÇÃO/PROJETO/PROCESSO/SERVIÇO | | | DEPARTAMENTO MEMBROS DA EQUIPE | | | DOCUMENTOS AFETADOS | | | |
| PROJETO - PRODUÇÃO - CONFIABILIDADE - QUALIDADE - FORNECEDORES - | | | EE - LMG - PC - Contrato - Levantamento - Plano de Inspeção - | | | PÁGINA: de ORIGINAL: DATA: APROVAÇÕES: | | | |
| FUNÇÃO | MODO DE FALHA | EFEITO | SEVERIDADE | CAUSAS | OCORRÊNCIA | FORMA DE CONTROLE | DETECÇÃO | AÇÕES RECOMENDADAS | STATUS |
| ELEMENTO 2 | ELEMENTO 3 | ELEMENTO 4 | ELEMENTO 5 | ELEMENTO 6 | ELEMENTO 7 | ELEMENTO 8 | ELEMENTO 9 | ELEMENTO 10 | ELEMENTO 11 |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DA EMPRESA ESTUDADA

Linha Tronco: extensão de 196,6 km – Ø 20”, passa pelos seguintes municípios do AM: Coari, Codajás e Anori.

Ramais: Coari, extensão de 25.726m – Ø 4”

Codajás, extensão de 18.960m – Ø 3”

Anori, extensão de 27.485m – Ø 3”



Figura 4 – Mapa da Empresa Estudada.

Trecho 1 : TA-Coari/ Lago Sacramento (km 0 ~ km 45,9) + Ramal Coari

Trecho 2 : Lago Sacramento/ Lago das Onças (km 45,9 ~ km 80,8)

Trecho 3 : Lago das Onças/ Lago Miuá (km 80,8 ~ km 125,6) + Ramal Codajás

Trecho 4 : Lago Miuá/ SDV 17 (km 125,6 ~ km 196,6) + Ramal Anori

3.2 FASES DA CONSTRUÇÃO DO GASODUTO

A tecnologia na distribuição do gás é conhecida há quase um século, não tendo sofrido mudanças até o presente momento. A construção do gasoduto envolve as seguintes fases, conforme Norma da Petrobrás (N-464, 2004):

Locação e marcação da faixa de domínio e da pista. A faixa domínio e a pista devem ser marcadas conforme diretriz abaixo:

- Devem identificar as laterais da faixa domínio e da pista, no máximo a cada 50 m;
- Para fácil visibilidade, as estacas testemunhas devem ser colocadas nas laterais da faixa;
- Devem ser relocadas topograficamente as testemunhas perdidas;
- Deve ser fixada a cada quilômetro uma sinalização de referência provisória;

A locação da posição e a profundidade dos gasodutos existentes, em relação ao eixo da faixa e à superfície do terreno, devem seguir critérios propostos na NORMA PETROBRÁS-N-464:2004.



Figura 5 - Teodolito utilizado pelos topógrafos para locar a faixa domínio do gasoduto.



Figura 6 – Estaca Testemunha utilizada como marcador da faixa domínio.

Abertura da pista. A pista deve ser aberta com a largura determinada para a faixa domínio. A camada superior do solo, composta de matéria orgânica, quando removida, deve ser estocada para posterior reposição nos taludes de corte, aterros, pistas, caixas de empréstimo ou bota-fora, evitando a sua contaminação pela mistura com outros materiais retirados da pista.

O curso d'água, que normalmente para na pista, deve ser desviado e canalizado. Nos casos, em que não houver condição para desviar o curso d'água devem-se fazer obras para evitar o arraste de material e a erosão da pista.



Figura 7 – Supressão vegetal para abertura de pista.

Abertura e preparação da vala. A abertura e a preparação da vala devem ser realizadas somente após a preparação da coluna para abaixamento. Como demonstrado nas figuras 4 e 5, a abertura e a preparação da vala são feitas por uma escavadeira.

Ao fazer a abertura da vala, devem ser removidas todas as irregularidades existentes no fundo e laterais da vala.

Recomenda-se, nas transições entre diferentes profundidades de vala, que a concordância do fundo da vala seja compatível com o curvamento natural do tubo utilizado.

No caso de gasodutos em áreas rurais onde houver cruzamento de animais sobre a faixa de domínio, o fato deve ser previsto



Figura 8 – Abertura e preparação da vala.



Figura 9 – Vista da vala aberta na faixa domínio.

Transporte, distribuição e manuseio de tubos e outros materiais. As cargas no transporte de tubos devem ser dispostas de modo a permitir amarração firme, evitando deslizamento ou queda da carga, mas sem danificar o tubo ou seu revestimento.

Deve ser feita uma inspeção visual antes de desamarrar a pilha de tubos para descarga para não correr o risco de rolamento. Proteções adicionais devem ser instaladas a fim de proteger os ocupantes da cabine do veículo transportador dos tubos, em casos de movimentação inesperada da carga. Os tubos devem ser distribuídos ao longo da faixa, de maneira a não interferir no uso normal dos terrenos atravessados.



Figura 10 – Transporte de tubos em área alagada.



Figura 11 – Transporte de tubos por meio de balsa.

Curvamento. Os tipos de curvamento utilizados em dutos são:

- natural: no campo, dentro do regime elástico, ordem de grandeza até 1 ou 2 graus;
- a frio: no campo, dentro do regime plástico, sem controle de temperatura, ordem de grandeza de 1 a +/- 30 graus;
- a quente: em usina metalúrgica, dentro do regime plástico, com controle de temperatura, ordem de grandeza maior que 30 graus.

Todos os tubos curvados devem ser inspecionados por passagem de um gabarito interno para verificar a existência de ovalização.



Figura 12 – Curvamento de tubo em obras de gasoduto.

Revestimento externo com concreto. O revestimento externo dos tubos e juntas de campo com concreto deve ser executado conforme exposto nessa norma, atendendo às condições estabelecidas no projeto. Devem ser minimizados os resíduos e respingos de concreto originados durante o processo de concretagem de tubos e juntas, evitando ao máximo que caiam diretamente sobre o solo. Todos os resíduos e respingos devem ser removidos para local adequado.



Figura 13 – Preparação para concretagem de tubos.



Figura 14 – Concretagem de tubos evitando despejo de concreto no solo.

Soldagem. No processo de soldagem em gasodutos, o tubo não deve ser movimentado antes da conclusão do primeiro passo. No caso de tubos concretados, ou colunas que possam ser submetidas à tensão durante a soldagem, a movimentação só deve ser feita após a conclusão do segundo passo da soldagem. Antes do acoplamento dos tubos, deve ser feita inspeção e limpeza interna para verificação de presença de detritos ou impurezas, que possam prejudicar a soldagem ou passagem dos “pigs” de limpeza e detecção de amassamento.



Figura 15 – Processo de soldagem em tubulação.

Inspeção por ensaios não-destrutivos (END). Os critérios de aceitação de descontinuidades de soldagem e reparo de dutos e seus complementos, quando da inspeção das soldas por ensaios não destrutivos, devem seguir a norma API STD 104.



Figura 16 – Realização de END por ultrassom.

Revestimento externo anticorrosivo. O revestimento externo de juntas de campo, componentes de tubulação e a execução de reparos no revestimento de tubos devem atender ao disposto nas especificações do

projeto. Nos trechos aéreos deve ser executada pintura externa, atendendo às condições ambientais estabelecidas em projeto.



Figura 17 - Limpeza de juntas por jateamento.



Figura 18 – Revestimento com fitas de polietileno.

Abaixamento e cobertura. O abaixamento dos tubos na vala deve ser realizado imediatamente após o exame das condições dos tubos, do revestimento e da vala. O exame visa principalmente ao que se segue:

- Localizar defeitos ou danos nos tubos e no revestimento;
- Verificar a existência de tampões nas extremidades dos trechos a serem abaixados. Em casos negativos, deve ser feita uma inspeção visual, proceder a uma limpeza interna, quando necessário, e colocar os tampões.

-Verificar se as condições do fundo da vala e das suas paredes laterais atendem aos critérios descritos no processo de abertura e preparação da vala.



Figura 19 – Abaixamento da tubulação com escavadeira.



Figura 20 – Cobertura da vala.

Travessias e cruzamentos. Na construção e montagem de dutos terrestres está incluída a execução de travessias de curso d'água, canais, áreas alagadas e reservatórios, bem como cruzamentos sob rodovias, ruas e ferrovias.

Durante a execução das travessias de corpos d'água navegáveis e cruzamentos, deve ser instalada a sinalização adequada, inclusive a noturna,

para a segurança da navegação ou tráfego, atendendo a todas as condições e exigências do órgão responsável pela operação da via atravessada.



Figura 21 – Coluna pronta para lançamento na travessia.



Figura 22 – Instalação de gasoduto em travessias.

Sinalização de faixa de domínio de dutos. Procedimentos que devem atender os critérios do projeto.



Figura 23 – Exemplo de placa sinalizadora de duto.

Proteção e restauração. Os serviços de proteção e restauração da faixa de domínio devem ser definidos em função dos seguintes princípios:

- Garantia de segurança para a pista e, conseqüentemente, para o duto;
- Garantia da segurança e da restauração das condições originais das propriedades de terceiros e bens públicos decorrentes de possíveis conseqüências negativas, diretas ou indiretas, causadas pela implantação do duto;
- Minimização dos impactos causados ao meio ambiente, restituindo-se, na medida do possível, as condições originais das áreas envolvidas.



Figura 24 – Exemplo de muro de contenção em obras de gasoduto.



Figura 25 – Processo de semeadura para revegetação.

Limpeza, enchimento e calibração. O procedimento executivo para as atividades de limpeza, enchimento e calibração, a ser preparado previamente no início dos serviços, deve estar de acordo com os requisitos do projeto básico e com o seguinte conteúdo mínimo:

- estudo que comprove a viabilidade da captação e do descarte de água nos pontos indicados e nas vazões máximas, em conformidade com a legislação brasileira, incluindo as questões ambientais;
- apresentação do detalhamento das instalações de captação da água, incluindo os pontos de captação e descarte, vazão máxima e mínima de água a ser injetada e análise de qualidade da água;
- definição de acessos e áreas disponíveis para instalação dos equipamentos;
- definição dos principais equipamentos a serem utilizados.



Figura 26 – Bombas de captação da água para realização do teste hidrostático.



Figura 27 – Bombas de enchimento da tubulação – preparação do teste hidrostático.

Teste hidrostático. O procedimento executivo para a atividade de teste hidrostático, a ser preparado previamente no início dos serviços, deve estar de acordo com os requisitos do projeto básico e com o seguinte conteúdo mínimo:

- diagrama de teste hidrostático para cada trecho de teste consistindo de desenhos de planta e perfil da diretriz.
- diagrama de teste hidrostático consolidado, apresentando em um único desenho de perfil da diretriz do duto.
- descrição do sistema de comunicação a ser utilizado;
- descrição do plano de comunicação prévia às autoridades competentes e aos grupos de combate de emergências, bem como às comunidades existentes ao longo da faixa.

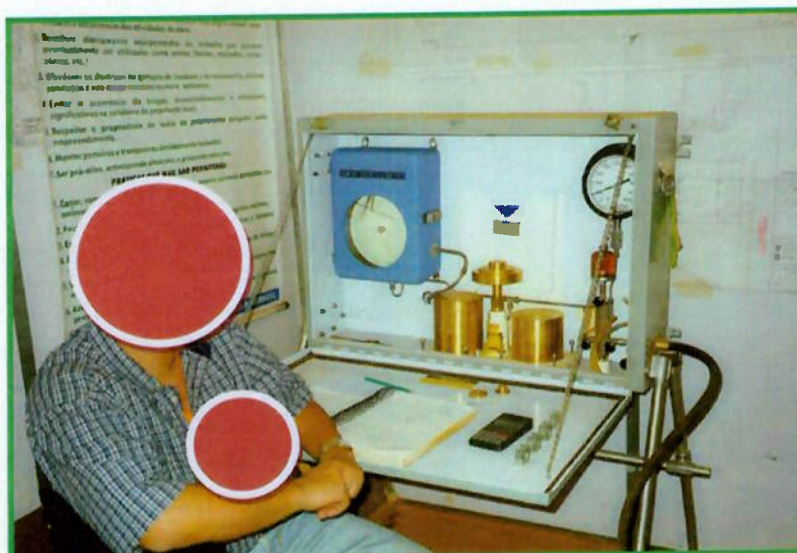


Figura 28 – Bancada de teste hidrostático em obras de gasoduto.

Inspeção dimensional interna do duto. Deve ser passado “pig” geométrico, em toda a extensão do duto, depois do teste hidrostático. A passagem do “pig” geométrico deve ser precedida da passagem de um “pig” com placa calibradora dimensionado com a finalidade de detectar grandes reduções no diâmetro interno do duto, preservando a integridade do “pig” geométrico.

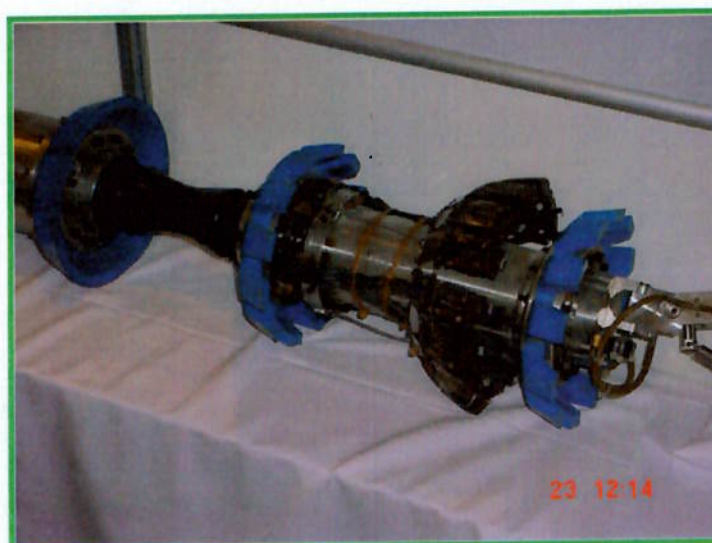


Figura 29 – “Pig” geométrico utilizado para verificar amassamento em toda a extensão do gasoduto.



Figura 30 – “Pig” calibrador utilizado para verificar grandes reduções no diâmetro interno do gasoduto.

3.3 PLANEJAMENTO DO FMEA

Realizou-se um estudo de caso, simulando a aplicação do FMEA em uma atividade desenvolvida na construção de um gasoduto. O Sistema escolhido para aplicação hipotética do FMEA foi construção e montagem do gasoduto da empresa estudada. A equipe escolhida para a aplicação do FMEA foi o gerente de contrato da obra, o gerente de produção, o gerente de planejamento e o gerente QSMS (Qualidade, Segurança, Meio Ambiente e Saúde), o coordenador de segurança e o coordenador de meio ambiente. O gerenciamento dos riscos identificados ocorre por meio da planilha de Identificação de "severidade", "ocorrência" e "detecção".

4 RESULTADO E DISCUSSÕES

4.1 CONSTRUINDO O FMEA

4.1.1 Definição do sistema para aplicação do FMEA

O Sistema escolhido para aplicação hipotética do FMEA foi um processo de construção e montagem da empresa estudada, tendo como abordagem os principais aspectos e impactos ambientais desse processo.

4.1.2 Preenchimento do cabeçalho

A equipe escolhida para a aplicação do FMEA irá elencar quais os documentos que foram afetadas com a definição do sistema.

4.1.3 Análise por função do FMEA completo

O FMEA identifica todas as funções que o processo escolhido deva desempenhar. Neste caso estudado, seguem as funções logo abaixo com as suas devidas análises:

a) Função: locação e marcação da faixa de domínio e da pista.

Modo de falha: marcar e locar a faixa de domínio da pista em lugar não pré-determinado.

Efeito: fazer supressão vegetal além do necessário.

Grau de severidade: pela tabela, ilustrada pela figura 4, o grau de severidade é 3, pois a madeira gerada na supressão vegetal pode facilmente ser tratada pela organização.

Causa: falta de planejamento da equipe de topografia.

Grau de ocorrência: pela tabela, ilustrada pela figura 5, o grau de ocorrência é 3, pois o dano ambiental ocorre poucas vezes.

Formas de controle: revisar o procedimento de topografia.

Grau de detecção: pela tabela, ilustrada pela figura 6, o grau de detecção é 3, pois a empresa estudada detecta facilmente o dano com a derrubada de árvores, adotando, com isso, ações preventivas e corretivas.

Ações recomendadas: todas as interferências existentes nos desenhos de locação e a marcação da faixa de domínio e da pista fornecida pelo cliente deverão ser obrigatoriamente identificadas e, além disso, fazer consulta aos proprietários, concessionários e comunidades da existência de cabos telefônicos, cabos elétricos, adutoras e outros serviços enterrados. A marcação e a largura da pista deverão atender aos documentos de projetos liberados pela fiscalização do cliente e estar conforme as condições expostas por este.

Situação das recomendações: conferir item 4.2.1

b) Função: abertura de pista.

Modo de Falha: fazer abertura de pista com largura superior da permitida em contrato firmado com o cliente.

Efeito: fazer supressão vegetal além do necessário.

Grau de severidade: Pela tabela, ilustrada pela figura 4, o grau de severidade é 3, pois a madeira gerada na supressão vegetal pode facilmente ser tratada pela organização.

Causa: falta de planejamento da equipe de supressão vegetal e abertura de pista.

Grau de ocorrência: pela tabela, ilustrada pela figura 5, o grau de ocorrência é 3, pois o dano ambiental ocorre poucas vezes.

Formas de controle: fazer DDSMS (Diálogo Diário de Segurança, Meio Ambiente e Saúde) para todas as frentes de trabalho. Assunto: faixa de domínio – largura máxima para supressão vegetal.

Grau de detecção: pela tabela, ilustrada pela figura 6, o grau de detecção é 3, pois a empresa estudada detecta facilmente o dano com a derrubada de árvores. Adotando, com isso, ações preventivas e corretivas.

Ações recomendadas: qualquer operação de remoção de vegetação só poderá ser executada mediante autorização do Inspetor Ambiental. Deverá ser realizado estudo do traçado, antes do desmatamento, em relação ao traçado básico projetado

Situação das recomendações: conferir item 4.2.1.

c) Função : abertura e preparação de vala.

Modo de falha: destino do material com grau de contaminação que inviabiliza a sua utilização para cobertura.

Efeito: poluição ambiental.

Grau de severidade: pela tabela, ilustrada pela figura 4, o grau de severidade é 6, pois o material contaminado encontrado na abertura de vala não é tratado pela empresa estudada.

Causa: falta de áreas para depósito temporário de resíduos (ADTRs).

Grau de ocorrência: pela tabela, ilustrada pela figura 5, o grau de ocorrência é 8, pois o dano ambiental ocorre várias vezes.

Formas de controle: revisar o procedimento de abertura de vala, acrescentado a necessidade de criar áreas de depósito temporário de resíduos (ADTRs) ao longo de todo o duto.

Grau de detecção: pela tabela, ilustrada pela figura 6, o grau de detecção é 7, pois a empresa estudada detecta facilmente o dano ambiental. Não adota, porém, ações corretivas e preventivas.

Ações recomendadas: criar locais para depósito temporário de resíduos (ADTRs) com identificação e autorização do setor do meio ambiente.

Situação das recomendações: conferir item 4.2.1.

d) Função: transporte, distribuição e manuseio dos tubos e outros elementos.

Modo de falha: paralisação da atividade pelo cliente em razão de excesso de resíduos gerados em decorrência dessa atividade, tais como: óleos lubrificantes, copos descartáveis, restos de comida e embalagens de plásticos.

Efeito: poluição ambiental.

Grau de severidade: pela tabela, ilustrada pela figura 4, o grau de severidade é 7, pois os resíduos gerados com essa atividade não são tratados pela empresa estudada.

Causa: falta de treinamento sobre coleta seletiva.

Grau de ocorrência: pela tabela, ilustrada pela figura 5, o grau de ocorrência é 8, pois a geração de resíduos ocorre várias vezes e pode ser evitada.

Formas de controle: revisar e divulgar o plano de gerenciamento de resíduos.

Grau de detecção: pela tabela, ilustrada pela figura 6, o grau de detecção é 7, pois a empresa estudada detecta facilmente o dano ambiental. Não adota, porém, ações corretivas e preventivas.

Ações recomendadas: todos os resíduos gerados em razão desta atividade, como: óleos, lubrificantes, copos descartáveis, restos de comida, embalagens de alumínio e plásticos, serão acondicionados em recipientes, conforme padrões de coleta seletiva e, ao final do dia, deverão ser transportados ao canteiro para posterior destinação

Situação das recomendações: conferir item 4.2.1.

e) Função: curvamento.

Modo de falha: paralisação da atividade pelo cliente pela falta de contenção do excesso de graxa da curvadeira.

Efeito: contaminação do solo.

Grau de severidade: pela tabela, ilustrada pela figura 4, o grau de severidade é 10, pois o excesso de graxa da curvadeira apresenta alta reatividade. Este óleo em questão não é tratado pela empresa estudada.

Causa: falta de bacia de contenção de vazamento.

Grau de ocorrência: pela tabela, ilustrada pela figura 5, o grau de ocorrência é 10, pois o excesso de graxa liberado pela curvadeira ocorre com muita frequência e pode ser evitado.

Formas de controle: inspeção da curvadeira antes do início das atividades.

Grau de detecção: pela tabela, ilustrada pela figura 6, o grau de detecção é 8, pois a empresa estudada detecta facilmente o dano ambiental. Não adota, porém, ações corretivas e preventivas.

Ações recomendadas: a fase será equipada com um kit de emergência para controlar vazamentos de pequeno e médio porte. Deve-se utilizar recipiente para recolher o excesso de graxa derramado da curvadeira.

Situação das recomendações: conferir item 4.2.1.

f) Função: revestimento externo com concreto.

Modo de falha: despejo de concreto no solo

Efeito: contaminação do solo.

Grau de severidade: pela tabela, ilustrada pela figura 4, o grau de severidade é 10, pois o despejo de concreto no solo apresentado nessa atividade é muito prejudicial ao solo, além de não ser tratado pela organização.

Causa: falta de bacia de contenção de vazamento.

Grau de ocorrência: pela tabela, ilustrada pela figura 5, o grau de ocorrência é 10, pois o concreto derramado no revestimento do tubo ocorre com muita frequência e pode ser evitado.

Formas de controle: fazer DDSMS (Diálogo Diário de Segurança, Meio Ambiente e Saúde) para todas as frentes de trabalho. Assunto: linha tronco – contenção do vazamento em operações de concretagem de tubo.

Grau de detecção: pela tabela, ilustrada pela figura 6, o grau de detecção é 8, pois a empresa estudada detecta facilmente o dano ambiental. Não adota, porém, ações corretivas e preventivas.

Ações recomendadas: a fase será equipada com um Kit de emergência para controlar vazamentos de pequeno e médio porte. Deve-se utilizar recipiente de contenção do cimento no momento do revestimento do tubo.

Situação das recomendações: conferir item 4.2.1.

g) Função: soldagem

Modo de falha: falta de coletor específico para a atividade.

Efeito: contaminação do solo.

Grau de severidade: pela tabela, ilustrada pela figura 4, o grau de severidade é 3, pois o resíduo gerado na contaminação é danoso ao meio ambiente. E tratado, porém, pela empresa estudada.

Causa: não fornecimento do coletor específico pelo setor de compras.

Grau de ocorrência: pela tabela, ilustrada pela figura 5, o grau de ocorrência é 6, pois a contaminação do solo pela soldagem acontece ocasionalmente.

Formas de controle: revisar procedimento de aquisição.

Grau de detecção: pela tabela, ilustrada pela figura 6, o grau de detecção é 3, pois a empresa estudada não só detecta facilmente o dano ambiental, como também adota ações corretivas e preventivas.

Ações recomendadas: dispor de coletor de resíduos específico para atividade de soldagem.

Situação das recomendações: conferir item 4.2.1.

h) Função: inspeção por ensaio não-destrutivo (END).

Modo de falha: falta de inspetor de meio ambiente para verificar a descarga de refugos.

Efeito: contaminação do solo.

Grau de severidade: pela tabela, ilustrada pela figura 4, o grau de severidade é 10, pois o resíduo gerado pela inspeção por END é muito danoso ao meio ambiente. Não há mitigação dessa contaminação do solo pela empresa estudada.

Causa: falta de planejamento do setor do meio ambiente.

Grau de ocorrência: pela tabela, ilustrada pela figura 5, o grau de ocorrência é 8, pois a contaminação do solo pelo processo de inspeção por END acontece com muita frequência e pode ser evitado.

Formas de controle: revisar procedimento de Inspeção por END, incluindo a necessidade de se ter técnico de meio ambiente acompanhando essa atividade.

Grau de detecção: pela tabela, ilustrada pela figura 6, o grau de detecção é 8, pois a empresa estudada detecta facilmente o dano ambiental, embora não adote ações corretivas e preventivas.

Ações recomendadas: verificar a necessidade de contratar técnico do meio ambiente para atividade em questão.

Situação das recomendações: conferir item 4.2.1.

i) Função: abaixamento e cobertura.

Modo de falha: encontrar vestígios arqueológicos no momento da atividade de abaixamento e cobertura da tubulação.

Efeito: paralisação da atividade pelo cliente.

Grau de severidade: pela tabela, ilustrada pela figura 4, o grau de severidade é 1, pois o vestígio arqueológico encontrado não é danoso ao meio ambiente.

Causa: falta de planejamento da equipe de meio ambiente.

Grau de ocorrência: pela tabela, ilustrada pela figura 5, o grau de ocorrência é 2, pois o vestígio arqueológico encontrado não provoca dano ambiental.

Formas de controle: revisar procedimento de abaixamento e cobertura, incluindo a necessidade de se verificar a existência de vestígios arqueológicos antes do início das atividades.

Grau de detecção: pela tabela, ilustrada pela figura 6, o grau de detecção é 3, pois a empresa estudada detecta facilmente o vestígio arqueológico encontrado, adotando ações de correção e prevenção.

Ações recomendadas: verificar a necessidade de se contratar técnico do meio ambiente para atividade em questão.

Situação das recomendações: conferir item 4.2.1.

J) Função: travessias e cruzamentos.

Modo de falha: reabastecimento de máquinas e equipamentos ao lado de poços, cursos d'água, áreas alagáveis, áreas de preservação permanente e brejos.

Efeito: contaminação de poços, cursos d'água, área alagáveis, áreas de preservação permanente e brejos.

Grau de severidade : pela tabela, ilustrada pela figura 4, o grau de severidade é 10, pois o excesso de combustível derramado nos leitos dos rios é muito prejudicial ao meio ambiente. Não existe medida mitigadora dessa situação pela empresa estudada.

Causa: falta de planejamento da equipe de logística.

Grau de ocorrência: pela tabela, ilustrada pela figura 5, o grau de ocorrência é 8, pois o dano ambiental pode ser evitado, embora ocorra várias vezes.

Formas de controle: revisar procedimento de abastecimento de máquinas.

Grau de detecção: pela tabela, ilustrada pela figura 6, o grau de detecção é 6, pois a empresa estudada detecta facilmente a poluição nos leitos dos rios, não adota, entretanto, ações de correção e prevenção.

Ações recomendadas: adotar a seguinte diretriz: o reabastecimento de máquinas e equipamentos, inclusive os estacionários, deverá acontecer a 40 metros de qualquer poço, curso d'água potável conhecidos, bem como áreas alagáveis, áreas de preservação permanente e brejos.

Situação das recomendações: conferir item 4.2.1.

k) **Função:** sinalização de faixa de domínio de dutos.

Modo de falha: sinalização fora da faixa de domínio.

Efeito: fazer supressão vegetal além do permitido.

Grau de severidade: pela tabela, ilustrada pela figura 4, o grau de severidade é 3, pois a madeira gerada com a supressão vegetal indevida é danosa ao meio ambiente. A empresa estudada faz o devido destino da madeira em questão.

Causa: falta de planejamento da equipe de topografia.

Grau de ocorrência: pela tabela, ilustrada pela figura 5, o grau de ocorrência é 8, pois esse tipo de dano ambiental acontece várias vezes e pode ser evitado.

Formas de controle: fazer DDSMS (Diálogo Diário de Segurança, Meio Ambiente e Saúde) para todas as frentes de trabalho. Assunto: obrigatoriedade da sinalização da faixa de domínio dentro da largura permitida.

Grau de detecção: pela tabela, ilustrada pela figura 6, o grau de detecção é 3, pois a empresa estudada detecta facilmente a supressão vegetal em excesso, adotando ações de correção e prevenção.

Ações recomendadas: os trabalhos de sinalização de pista devem limitar ao largo da faixa de domínio, e para quaisquer áreas adicionais a essa atividade será necessária a obtenção das devidas autorizações dos proprietários e ou autoridades competentes.

Situação das recomendações: conferir item 4.2.1.

l) **Função:** proteção e restauração.

Modo de falha: descarga lateral de água para dentro da faixa de domínio.

Efeito: problema na restauração da faixa de domínio.

Grau de severidade: pela tabela, ilustrada pela figura 4, o grau de severidade é 3, pois a água na faixa prejudica a restauração. No entanto, a empresa estudada faz o tratamento do devido problema.

Causa: falta de planejamento da equipe de produção e meio ambiente.

Grau de ocorrência: pela tabela, ilustrada pela figura 5, o grau de ocorrência é 6, pois esse tipo de dano ambiental acontece ocasionalmente.

Formas de controle: contratação de profissional capacitado para executar o projeto em questão.

Grau de detecção: pela tabela, ilustrada pela figura 6, o grau de detecção é 3, pois a empresa estudada detecta facilmente o problema restauração da faixa, adotando, com isso, ações de correção e prevenção.

Ações recomendadas: o sistema de drenagem de uma pista em encosta pode ser do tipo espinha de peixe com calhas transversais espaçadas, conforme determinação do projeto, com caimento da vala para as extremidades da pista, onde se interligam com as canaletas longitudinais. Devem ser previstas canaletas no topo e no pé dos taludes de corte e aterro.

Situação das recomendações: conferir item 4.2.1.

m) **Função:** limpeza, enchimento e calibração.

Modo de falha: descarte da água utilizada de forma errônea.

Efeito: erosões e assoreamento.

Grau de severidade: pela tabela, ilustrada pela figura 4, o grau de severidade é 10, pois a água descartada de maneira errada é muito danosa ao meio ambiente. A empresa estudada, entretanto, não trata o devido problema.

Causa: falta de treinamento da equipe responsável por essa atividade.

Grau de ocorrência: pela tabela, ilustrada pela figura 5, o grau de ocorrência é 8, pois esse tipo de dano ambiental acontece com muita frequência e pode ser evitado.

Formas de controle: revisar o procedimento de limpeza, enchimento e calibração.

Grau de detecção: pela tabela, ilustrada pela figura 6, o grau de detecção é 3, pois a empresa estudada detecta facilmente o problema de assoreamento e erosão, adotando ações de correção e prevenção.

Ações recomendadas: a água deverá ser descartada no final do tramo testado e terá uma vazão controlada por uma válvula instalada no final do ponto de descarte.

Situação das recomendação: conferir item 4.2.1.

n) **Função:** teste hidrostático.

Modo de falha: impureza proveniente do teste hidrostático sendo descartado nos leitos dos rios.

Efeito: poluição dos rios.

Grau de severidade: pela tabela, ilustrada pela figura 4, o grau de severidade é 10, pois a água descartada proveniente do teste hidrostático é muito danosa ao meio ambiente. A empresa estudada, porém, não trata o devido problema.

Causa: a não existência de um método de filtrar e reter as impureza do teste hidrostático.

Grau de ocorrência: pela tabela, ilustrada pela figura 5, o grau de ocorrência é 8, pois esse tipo de dano ambiental causado pelo teste hidrostático acontece com muita frequência e pode ser evitado.

Formas de controle: fazer DDSMS (Diálogo Diário de Segurança, Meio Ambiente e Saúde) para todas as frentes de trabalho. Assunto: descarte da água proveniente do teste hidrostático.

Grau de detecção: pela tabela, ilustrada pela figura 6, o grau de detecção é 3, pois a empresa estudada detecta facilmente o problema de descarte da água proveniente do teste hidrostático, adotando ações de correção e prevenção.

Ações recomendadas: em cada plano de teste deverão ser detalhadas as instalações de captação e descarte da água, vazão máxima, mínima de água a ser injetada e descartada, além da análise da qualidade da água.

Situação das recomendações: conferir item 4.2.1.

o) **Função:** inspeção dimensional interna do duto.

Modo de falha: falta de inspetor de meio ambiente para verificar a descarga de refugos.

Efeito: contaminação do solo.

Grau de severidade: pela tabela, ilustrada pela figura 4, o grau de severidade é 10, pois o resíduo gerado pela inspeção interna do duto é muito danoso ao meio ambiente. Não há mitigação dessa contaminação do solo pela empresa estudada.

Causa: falta de planejamento do setor do meio ambiente.

Grau de ocorrência: pela tabela, ilustrada pela figura 5, o grau de ocorrência é 8, pois a contaminação do solo pelo processo de inspeção interna do duto acontece com muita frequência e pode ser evitada.

Formas de controle: revisar procedimento de Inspeção dimensional interna do duto, incluindo a necessidade de se ter técnico de meio ambiente acompanhando essa atividade.

Grau de detecção: pela tabela, ilustrada pela figura 6, o grau de detecção é 8, pois a empresa estudada detecta facilmente o dano ambiental. No entanto, não adota ações corretivas e preventivas.

Ações recomendadas: verificar a necessidade de se contratar técnico do meio ambiente para atividade em questão.

Situação das recomendações: conferir item 4.2.1.

4.2 STATUS DAS RECOMENDAÇÕES

O Tratamento será definido pelo método de priorização dos modos de falha apresentado a seguir.

4.2.1 Método do gráfico de áreas: priorização do tratamento dos modos de falha

O Gráfico de áreas é um método de priorização do tratamento dos modos de falha por meio da análise baseada na severidade e na ocorrência.

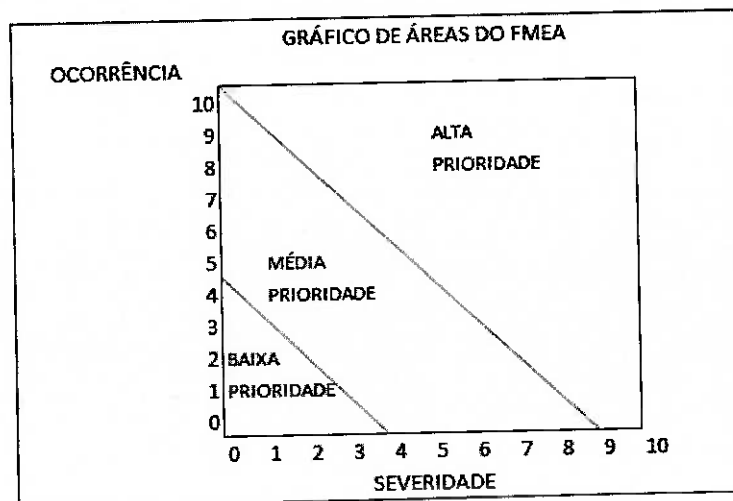


Figura 31 – Gráfico de áreas.

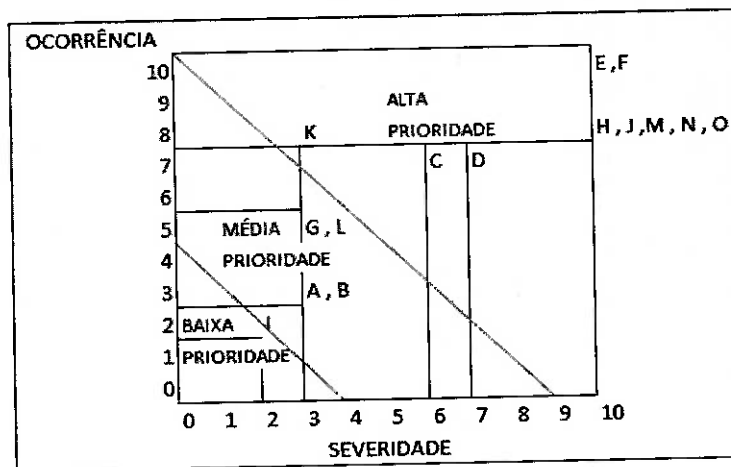


Figura 32 – Aplicação do Gráfico de áreas.

Todos os modos de falha do exemplo mostrado no item 3.1.3 serão tratados conforme figura 19:

Alta Prioridade – C, D, E, F, H, J, M, N, O, K

Média Prioridade – A, B, G, L

Baixa Prioridade - I

4.3 FMEA COMPLETO

Segue abaixo o FMEA completo da empresa estudada:

Tabela 6- Exemplo de FMEA da empresa estudada

| DEPARTAMENTO MEMBROS DA EQUIPE | | FMEA - ANÁLISE DE EFEITOS E MODOS DE FALHA | | DOCUMENTOS AFETADOS | | PÁGINA 1 de 5 | | | |
|---|--|---|------------|---|------------|--|----------|---|-------------------------------------|
| DESCRIÇÃO(PROJETO/PROCESSO/SERVIÇO) | | EE - Especificação de Engenharia 4384818 | | LMG - Linha de Montagem do Gasoduto | | ORIGINAL: 25 de Março 2007 | | | |
| Construção e Montagem do Gasoduto | | PC - Plano de Controle (Travessias e Cruzamentos) | | Contrato - WZK CONSTRUTORA | | DATA: 19 de abril 2008 | | | |
| | | Levantamento - Planilha de Levantamento dos Aspectos e Impactos | | Plano de Inspeção - TMM | | APROVAÇÕES: Magron - Eng. CONSTRUTORA | | | |
| | | | | | | Maev - Cliente | | | |
| FUNÇÃO | MODO DE FALHA | EFETO | SEVERIDADE | CAUSAS | OCORRÊNCIA | FORMA DE CONTROLE | DETECÇÃO | AÇÕES RECOMENDADAS | STATUS |
| Localização e Marcação da Faixa de Domínio e da Pista | Marcar e Local a faixa de domínio da Pista em lugar pré-determinado | Fazer supressão vegetal além do necessário | 3 | Falta de planejamento da equipe de topografia | 3 | Revisar o procedimento de topografia | 3 | Todas as interferências existentes nos desenhos de locação e Marcação da Faixa de Domínio e da Pista fornecidos pelo cliente deverão ser obrigatoriamente identificadas e, além disso, fazer consulta aos proprietários, concessionários e comunidades da existência de cabos telefônicos, cabos elétricos, adutoras e outros serviços enterrados. A marcação e largura da pista deverão atender aos documentos de projeto liberados pela fiscalização do cliente e estar conforme as condições expostas por este. | Em andamento Média Prioridade |
| Abertura de Pista | Fazer abertura de pista com largura superior da permitida em contrato firmado com o cliente. | Fazer supressão vegetal além do necessário | 3 | Falta de planejamento da equipe de supressão vegetal e abertura de pista. | 3 | Fazer DDSMS(Diálogo meio ambiente e saúde) para todas as frentes de trabalho/área domínio - para supressão vegetal | 3 | Qualquer operação de remoção de vegetação só poderá ser executada mediante autorização do inspetor ambiental. | Em andamento Média Prioridade |
| Fazer Abertura e Preparação de Vala | Destino do Material com grau de contaminação que inviabiliza a sua utilização para cobertura | Polluição Ambiental | 6 | Falta de áreas para depósito temporário de resíduos(ADTRs) | 8 | Revisar o procedimento de abertura de vala, acrescentando a necessidade de criar áreas de depósito temporário de resíduos(ADTRs) ao longo de todo o duto | 7 | Criar locais para depósito temporário de resíduos(ADTRs) com identificação e autorização do setor do meio ambiente. | Em andamento Alta Prioridade |

CONTINUA

CONTINUAÇÃO

CONTINUAÇÃO

DEPARTAMENTO MEMBROS DA EQUIPE

DESCRIÇÃO (PROJETO/PROCESSO/SERVIÇO)

Construção e Montagem do Gasoduto

FMEA - ANÁLISE DE EFEITOS E MODOS DE FALHA

DOCUMENTOS AFETADOS

EE - Especificação de Engenharia 4384818

LMG - Linha de Montagem do Gasoduto

PC - Plano de Controle (Travessias e Cruzamentos)

Contrato - WZK CONSTRUTORA

Levantamento - Planilha de Levantamento dos Aspectos e Impactos

Plano de Inspeção - ICM

PÁGINA: 2 de 5

ORIGINAL: 25 de Março 2007

DATA: 19 de abril 2008

APROVAÇÕES: Magron - Eng. CONSTRUTORA

Maev - Cliente

| | | | | | | | | | |
|--|--|--------------------|---|--|---|--|---|---|---------------------------------|
| Transporte, Distribuição e Manuseio dos tubos e Outros | Paralisação da atividade pelo cliente devido ao excesso de resíduos gerado em função dessa atividade. Tais como óleos lubrificantes, copos descartáveis, restos de comida e plásticos. | Poluição Ambiental | 7 | Falta de treinamento sobre coleta seletiva | 8 | Revisar e divulgar o plano de gerenciamento de resíduos. | 7 | Todos os resíduos gerados em função desta atividade, tais como óleos lubrificantes, copos descartáveis, restos de comida, plásticos, serão acondicionados em recipientes conforme padrões de coleta seletiva e ao final do dia deverão ser transportados ao canteiro de obra para posterior destinação. | Em andamento Alta Prioridade |
| | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | |
|------------|---|----------------------|----|---|----|--|---|---|---------------------------------|
| Curvamento | Paralisação da atividade pelo cliente pela falta de contenção do excesso de graxa da curvadeira | Contaminação do solo | 10 | Falta de bacia de contenção de vazamento. | 10 | Inspeção da curvadeira antes do início das atividades. | 8 | A fase será equipada com um kit de emergência para controlar vazamentos de pequeno e médio porte. Utilizar recipiente para recolher o excesso de graxa derramado da curvadeira. | Em andamento Alta Prioridade |
| | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-----------------------------|----------------------|----|---|----|---|---|---|----------------------------------|
| Revestimento externo com concreto | Despejo de Concreto no Solo | Contaminação do solo | 10 | Falta de bacia de contenção de vazamento. | 10 | Fazer DDSMS (Diálogo Diário de Segurança, meio ambiente e saúde) para todas as frentes de trabalho. Contenção de vazamento em operações de concretagem de tubo. | 8 | A fase será equipada com um kit de emergência para controlar vazamentos de pequeno e médio porte. Utilizar recipiente de contenção do cimento no momento do revestimento do tubo. | Em andamento Média Prioridade |
| | | | | | | | | | |

CONTINUAÇÃO

CONTINUAÇÃO

FMEA - ANÁLISE DE EFEITOS E MODOS DE FALHA

DOCUMENTOS AFETADOS

DEPARTAMENTO MEMBROS DA EQUIPE

DESCRIÇÃO(PROJETO/PROCESSO/SERVIÇO)

Construção e Montagem do Gasoduto

EE - Especificação de Engenharia 4384818

LMG - Linha de Montagem do Gasoduto

PC - Plano de Controle (Travessias e Cruzamentos)

Contrato WZK CONSTRUTORA

Levantamento - Planilha de Levantamento dos Aspectos e Impactos

Plano de Inspeção - TQM

PÁGINA: 3 de 5

ORIGINAL: 25 de Março 2007

DATA: 19 de abril 2008

APROVAÇÕES: Magron - Eng.CONSTRUTORA

Maev - Cliente

| Descrição | Falta de coletor específico para a atividade | Contaminação do solo | 3 | Não fornecimento do coletor específico do setor de compras | 6 | Revisar procedimento de aquisição. | 3 | Dispon. de coletor de resíduos específico para a atividade de soldagem. | Em andamento Média Prioridade |
|-----------|--|----------------------|---|--|---|------------------------------------|---|---|-------------------------------------|
|-----------|--|----------------------|---|--|---|------------------------------------|---|---|-------------------------------------|

Inspeção por ensaio não-destrutivo(END)

Falta de inspetor de meio ambiente para verificar a descarga de efluentes

10

Falta de planejamento do setor do meio ambiente.

8

Revisar procedimento de inspeção por END incluindo a necessidade de ter técnico de meio ambiente acompanhando essa atividade.

8

Verificar a necessidade de contratar técnico do meio ambiente para atividade em questão.

Em andamento
Alta
Prioridade

Abastecimento e Cobertura

Encontrar vestígios arqueológicos no momento da atividade de abastecimento e cobertura da tubulação.

Paralisação da atividade pelo cliente

1

Falta de planejamento da equipe de meio ambiente.

2

Revisar procedimento de abastecimento e cobertura incluindo a necessidade de verificar a existência de vestígios arqueológicos antes do início das atividades.

3

Verificar a necessidade de contratar técnico do meio ambiente para atividade em questão.

Em andamento
Média
Prioridade

CONTINUAÇÃO

CONTINUAÇÃO

DEPARTAMENTO MEMBROS DA EQUIPE
 DESCRIÇÃO (PROJETO/PROCESSO/SERVIÇO)
 Construção e Montagem do Gasoduto

FMEA - ANÁLISE DE EFEITOS E MODOS DE FALHA
 DOCUMENTOS AFETADOS

EE - Especificação de Engenharia 4384818
 LMG - Linha de Montagem do Gasoduto
 PC - Plano de Controle (Travessias e Cruzamentos)
 Contrato - WZK CONSTRUTORA
 Levantamento - Planilha de Levantamento dos Aspectos e Impactos
 Plano de Inspeção - ICM

PÁGINA: 4 de 5
 ORIGINAL: 25 de Março 2007
 DATA: 19 de abril 2008
 APROVAÇÕES: Magron - Eng. CONSTRUTORA
 Maev - Cliente

| | | | | |
|--|---|--|---|---|
| Reabastecimento de máquinas e equipamentos ao lado de poços, cursos d'água, áreas alagáveis, áreas de preservação permanente e brejos. | Contaminação dos poços, cursos d'água, áreas alagáveis, áreas de preservação permanente e brejos. | Falta de planejamento do setor do meio ambiente. | Revisar procedimento de abastecimento de máquinas | Adotar a seguinte diretriz: O reabastecimento de máquinas e equipamentos, inclusive os estacionários, deverá acontecer a 40 metros de qualquer poço, curso d'água potável conectados, bem como áreas alagáveis, áreas de preservação permanente e brejos. |
| Travessias e Cruzamentos | | | | |

| | | | | |
|---------------------------------|---------------------------------------|---|--|--|
| Sinalização de faixa de domínio | Sinalização fora da faixa de domínio. | Fazer supressão vegetal além do permitido | Fazer DDSMS (Diálogo Diário de Segurança, Meio Ambiente e Saúde) para todas as frentes de trabalho. Assunto: Obrigatoriedade da sinalização da faixa de Domínio dentro da largura permitida. | Os trabalhos de sinalização de pista devem limitar ao largo da faixa de domínio, sendo que quaisquer áreas adicionais para essa atividade serão necessários para obtenção das devidas autorizações dos proprietários e ou autoridades competentes. |
| | | | | |

| | | | | | |
|------------------------|--|---|---|--|---|
| Proteção e Restauração | Descarga lateral da água para dentro da faixa de domínio | Problema na restauração da faixa de domínio | Falta de planejamento da equipe de produção e meio ambiente | Contratação de profissional capacitado para executar o projeto em questão. | O sistema de drenagem de uma pista em encosta pode ser do tipo espinha de peixe com calhas transversais, espaçadas conforme determinação do projeto, com calçamento de vala para as extremidades da pista, onde se interligam com as canaletas longitudinais. Devem ser canaletas no topo e pé dos taludes de corte e aterro. |
| | | | | | |

CONCLUSÃO

CONCLUSÃO

| DEPARTAMENTO MEMBROS DA EQUIPE | | FMEA - ANÁLISE DE EFEITOS E MODOS DE FALHA | | DOCUMENTOS AFETADOS | | | | | |
|--------------------------------------|--|---|----|---|---|--|---|---|---------------------------------|
| DESCRÇÃO/PROJETO/PROCESSO/SERVICO | | EE - Especificação de Engenharia 4384818 | | LMG - Linha de Montagem do Gasoduto | | | | | |
| Construção e Montagem do Gasoduto | | PC - Plano de Controle (Travessias e Cruzamentos) | | Contrato - WZK CONSTRUTORA | | | | | |
| | | Levantamento - Planilha de Levantamento dos Aspectos e Impactos | | Plano de Inspeção - TIM | | | | | |
| Limpeza, Enchimento e Calibração | Descarte da água utilizada de forma errônea. | erossões e assoreamento | 10 | Falta de treinamento da equipe responsável por essa atividade. | 8 | Revisar o procedimento de limpeza, enchimento e calibração. | 3 | A água deverá ser descartada no final do tramo testado terá uma vazão controlada por uma válvula instalada no final do ponto de descarte. | Em andamento Alta Prioridade |
| Teste Hidrostático | Impureza proveniente do teste hidrostático | Poliuição dos rios | 10 | Não existência de um método de filtrar e reter as impurezas do teste hidrostático | 8 | Fazer DDSMS (Diário de Segurança, Meio Ambiente e Saúde) para todas as frentes de trabalho. Assunto: Descarte da água proveniente do teste hidrostático | 3 | Em cada plano de teste deverá ser detalhado as instalações de captação e descarte da água, vazão mínima, mínima de água a ser analisada e descartada além da análise de qualidade da água | Em andamento Alta Prioridade |
| Inspeção Dimensional Interna do Duto | Falta de inspetor de meio ambiente para verificar a descarga de refulgos | Contaminação do solo | 10 | Falta de planejamento do setor do meio ambiente. | 8 | Revisar procedimento de inspeção dimensional interna do duto incluindo a necessidade de ter técnico de meio ambiente acompanhando essa atividade. | 8 | Verificar a necessidade de contratar técnico do meio ambiente para atividade em questão. | Em andamento Alta Prioridade |

5 CONCLUSÃO

A metodologia FMEA aplicada em obras de gasoduto mostrou ser uma ferramenta bastante eficaz, na medida em que possibilita um melhor conhecimento dos problemas e dificuldades no processo de construção de um gasoduto, permitindo o seu monitoramento desde a concepção do projeto até a sua construção e montagem. Dentre algumas vantagens da utilização do FMEA podem-se observar: a identificação dos modos/causas de falhas potenciais relacionadas ao meio ambiente; a identificação das variáveis que deverão ser controladas para a redução da ocorrência ou melhoria da eficácia da detecção das falhas; a classificação dos modos de falhas potenciais, estabelecendo, assim, um sistema de padronização para a priorização das ações corretivo-preventivas e a documentação dos resultados ambientais.

Ao se utilizar o FMEA, constatou-se que é um método eficiente para se quantificarem os efeitos das possíveis falhas, o que permitiu se estabelecerem diretrizes com vistas à prevenção dos riscos ambientais em obras de gasoduto.

É fundamental que na avaliação de riscos ambientais dos produto/processo/função haja periodicamente uma reavaliação do FMEA com base nas experiências acumuladas, o que exige um contínuo aprimoramento por parte da empresa.

REFERÊNCIAS

AMBIENTE BRASIL. Apresenta um estudo sobre análise do impacto ambiental. Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br>> Acesso em: 02 de maio de 2010.

ANEEL. Apresenta informações gerais sobre o gás natural. Disponível em: <[www.anel.gov.br/aplicações/atlas/pdf/09-Gas_Natural\(2\)](http://www.anel.gov.br/aplicações/atlas/pdf/09-Gas_Natural(2))>. Acesso em 01 de maio de 2010.

ANP. Agência Nacional do Petróleo. Apresenta uma palestra sobre o novo contexto da indústria do gás natural no Brasil. Disponível em: <<http://www.Anp.gov.br/conheça/palestras.asp>>. Acesso em: 02 de maio de 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 9000. Sistema de Gestão da Qualidade: fundamentos e vocabulário. Rio de Janeiro, 2000.

_____. **NBR ISO 9001.** Sistema de Gestão da Qualidade: requisitos. Rio de Janeiro, 2000.

_____. **NBR ISO 14001.** Sistemas de Gestão Ambiental: especificação e diretrizes para uso. Rio de Janeiro, 1996.

CEG. Portal do Gás Natural Disponível em : <<http://www.portal.gasnatural.com/servlet/contentServer?gnpage=4-60-2¢ralassetname=4.60-4-10-0>>. Acesso em: 01 de maio 2010.

GASNET. Apresenta dados estatístico sobre construção de gasodutos no Brasil. Disponível em : <<http://www.gasnet.com.br>>. Acesso em : 02 de maio de 2010.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DO ALAGOAS. Apresenta as resoluções do CONAMA. Disponível em : <<http://www.ima.al.gov.br/legislação/resolucao-conama>>. Acesso em: 02 de maio de 2010.

NORMA PETROBRAS. N-464 . Construção e Montagem de duto terrestre. Rio de Janeiro , 2008.

PALADY, P. FMEA: Análise dos Modos de Causa e Efeitos: prevendo e prevenindo problemas antes que ocorram. São Paulo: IMAM, 1997

QUALITY ASSOCIATION INTERNACIONAL. Apresenta a História do FMEA. <<http://www.quality-one.com/services/fmea.php>>. Acesso em: 15 maio 2010.

ROTONDARO, R. G. (Coord.). **Seis Sigma**: estratégia gerencial para melhoria de processos, produtos e serviços. São Paulo: Atlas, 2008.

SANCHEZ, L. E. **Análise do Impacto Ambiental**: conceitos e métodos. São Paulo: Oficina de texto, 495p.