

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**DEPARTAMENTO ACADÊMICO CONSTRUÇÃO CIVIL**  
**ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO**

**LÍVIA KARINA SILVA FRANCO**

**ESTUDO DE ANÁLISE DE RISCO DE OLEODUTO**  
**– AVALIAÇÃO E ATUALIZAÇÃO PARCIAL**

**MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO**

Curitiba

2018

**LÍVIA KARINA SILVA FRANCO**

**ESTUDO DE ANÁLISE DE RISCO DE OLEODUTO  
– AVALIAÇÃO E ATUALIZAÇÃO PARCIAL**

Monografia apresentada como requisito parcial  
para obtenção do título de Especialista no curso  
de Engenharia de Segurança do Trabalho,  
Departamento acadêmico de Construção Civil  
da Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
– UTFPR  
Orientador: Prof. Cezar Augusto Romano, Dr.

Curitiba  
2018

**LÍVIA KARINA SILVA FRANCO**

**ESTUDO DE ANÁLISE DE RISCO DE OLEODUTO AVALIAÇÃO E  
ATUALIZAÇÃO PARCIAL**

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Tecnológica Federal do Paraná UTFPR, pela comissão formada pelos professores:

Orientador:

---

Prof. Dr. Cezar Augusto Romano  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR Câmpus Curitiba.

Banca:

---

Prof. Dr. Rodrigo Eduardo Catai  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR Câmpus Curitiba.

---

Prof. Dr. Adalberto Matoski  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR Câmpus Curitiba.

---

Prof. M.Eng. Massayuki Mário Hara  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR Câmpus Curitiba.

Curitiba  
2018

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”

Dedico este trabalho à minha família.

## **AGRADECIMENTOS**

Muitos contribuíram com essa jornada e acreditaram que a vitória seria alcançada:  
Obrigada!

Em especial, agradeço a algumas pessoas, que possibilitaram a chegada até aqui:

Aos meus pais, Lêda e Franco, por sempre terem acreditado em mim;

A Engenheira de Segurança do Trabalho, Milena Masuda, pelo prestimoso apoio dado em toda a execução deste trabalho, com informações que foram imprescindíveis para a compreensão e elaboração do estudo;

Ao meu Orientador, Prof. Cezar Augusto Romano, na sabedoria pelo melhor caminho;

A Transpetro, através do Gerente de Dutos do Sul, Hudson Regis Oliveira, e dos seus colaboradores Guilherme Licodiedoff Cordeiro e Henrique Xavier de Paula, por darem respaldo a este trabalho.

“Somos luzes que faíscam no caos”. O Rappa

## RESUMO

FRANCO, Livia Karina Silva. **Estudo de Análise de Risco de Oleoduto – Avaliação e Atualização Parcial**. 2018. 97 f. Monografia do curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

Para dutos, as análises de risco precisam acompanhar a dinâmica populacional da local em que está inserido, por se desenvolverem extramuros. Este trabalho tem por objetivo avaliar o Estudo de Análise de Risco de um oleoduto em operação, elaborado em 2006, atualizando a Análise Preliminar de Risco (APR). Com relação a caracterização do empreendimento, foi possível observar o crescimento populacional ao longo das faixas de dutos, no período de 2006 a 2017. Quanto a APR apresentada, foi realizada uma análise histórica de acidentes, com base nos dados do CONCAWE e da UKOPA, auxiliando na identificação dos perigos, sendo considerados um pequeno, médio e grande vazamento, conforme solicitado nas normas, obtendo o grau de tolerabilidade para cada cenário acidental. Quanto as análises quantitativas, foram apresentados os principais itens solicitados nas normas atuais, evidenciando os pontos convergentes e os que precisam de atenção na sua revisão. Com esses resultados, o estudo atingiu seu objetivo principal ao realizar a atualização dos dados qualitativos do duto, etapa principal do estudo de análise de risco comparando os resultados apresentados em 2006, com o que atualmente é exigido pelos órgãos ambientais.

**Palavra-chave:** Análise de risco. Dutos. Análise preliminar de risco. Análise qualitativa de risco.

## ABSTRACT

FRANCO, Livia Karina Silva. **Pipeline Risk Analysis Study– Assessment and Partial Update**. 2018. 97 f. Monografia do curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

For pipelines, risk analysis needs to follow up population dynamics of the region which it is inserted, due to the operational development occurring in external areas. This study was carried out aiming to assess the Risk Analysis Study of a pipeline in operation, elaborated in 2006, updating the Preliminary Risk Analysis (PRA). Related to the pipeline structure characterization, it was observed a population growth along the pipeline right of way in the period among 2006 to 2017. Considering the presented Preliminary Risk Analysis, an accident historical data analysis was conducted based on data available at CONCAWE and UKOPA, supporting the hazard identification, where hazard were considered small, medium and large leakages, as required in the norms, obtaining a tolerability degree to each accidental scenario. For the quantitative analysis, the main required items of the updated norms was presented, highlighting the converging points and the items of attention in the revision. Regarding the results, this study has accomplished the foremost goal which is updating qualitative data of the pipeline, main step of the Risk Analysis Study, comparing with the results presented in 2006 and the most up-to-date information required by the environmental agencies.

**Key words:** Risk analysis. Pipeline. Preliminary Risk Analysis. Quantitative Risk analysis.



## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| FIGURA 2 - FLUXOGRAMA PARA APLICAÇÃO DA APR.....                                       | 27 |
| FIGURA 3 – MODELO DE PLANILHA PARA APR. ....   | 28 |
| FIGURA 4 - EXEMPLO DE FAIXA DE DUTOS TÍPICA, 2017.....                                 | 31 |
| FIGURA 5 - MAPA COM A LOCALIZAÇÃO DOS DUTOS NO BRASIL.....                             | 32 |
| FIGURA 6 - MAPA DOS DUTOS NOS ESTADOS DO PARANÁ E SANTA CATARINA. ....                 | 32 |
| FIGURA 7 - FLUXOGRAMA SIMPLIFICADO DO OLEODUTO. ....                                   | 33 |
| FIGURA 8 - SISTEMA DE PROTEÇÃO CATÓDICA PARA DUTO.....                                 | 34 |
| FIGURA 9 - UNIDADE DE CLASSE DE LOCAÇÃO.....   | 35 |
| FIGURA 10 –FLUXOGRAMAS PARA ELABORAÇÃO DE EAR, NA REVISÃO DE 2003 E DE 2011. ....      | 42 |
| FIGURA 11 - LOTEAMENTO RIO BONITO, CURITIBA/PR 2006.....                               | 46 |
| FIGURA 12 - LOTEAMENTO RIO BONITO, CURITIBA/PR 2017.....                               | 46 |
| FIGURA 13 - VILA CALIXTO, CURITIBA/PR, 2006.....                                       | 46 |
| FIGURA 14 - VILA CALIXTO, CURITIBA/PR 2017.....  | 47 |
| FIGURA 15 - JD. CARMEM / JD. AQUARIUS / AUTÓDROMO, SÃO JOSÉ DOS PINHAIS/PR, 2006. .... | 47 |
| FIGURA 16 - JD. CARMEM / JD. AQUARIUS / AUTÓDROMO, SÃO JOSÉ DOS PINHAIS/PR, 2017. .... | 47 |
| FIGURA 17 - FAIXA DE DUTOS EM ÁREA URBANA. ....  | 50 |
| FIGURA 18 - FAIXA DE DUTOS EM ÁREA RURAL.....  | 50 |
| FIGURA 19 – TENDÊNCIA DO NÚMERO DE ACIDENTES COM DERRAMES, POR ANO (1971 A 2016). .... | 51 |
| FIGURA 20 - FREQUÊNCIA DE ACIDENTES POR 1000 KM DE DUTO (1971 A 2016).....             | 52 |
| FIGURA 21 – FREQUÊNCIA DE VAZAMENTOS DE DUTOS POR CAUSA. ....                          | 52 |
| FIGURA 22 – VOLUME VAZADO POR CAUSA.....   | 53 |

|   |    |
|---|----|
| FIGURA 23 – FREQUÊNCIA DE VAZAMENTO POR DIÂMETRO DO DUTO. ....  | 53 |
| FIGURA 24 – FORMA DE DETECÇÃO DO VAZAMENTO. ....  | 54 |
| FIGURA 25 - DISTRIBUIÇÃO DAS PRINCIPAIS CAUSAS DE VAZAMENTO. ....   | 54 |
| FIGURA 26 - ACIDENTES COM PERDA DE PRODUTO. ....  | 55 |
| FIGURA 27 - FREQUÊNCIA DE INCIDENTES POR CAUSA. ....  | 57 |
| FIGURA 28 – SENTIDO DE TRANSPORTE DOS PRODUTOS.....   | 57 |
| FIGURA 29 - REPRESENTAÇÃO DAS REGIÕES DE PROBABILIDADE DE FATALIDADE PARA OS EFEITOS DE SOBREPRESSÃO. ....                                    | 83 |
| FIGURA 30 - REPRESENTAÇÃO DAS REGIÕES DE PROBABILIDADE DE FATALIDADE PARA OS EFEITOS DE RADIAÇÃO TÉRMICA.....                                 | 83 |
| FIGURA 31 - REPRESENTAÇÃO DAS REGIÕES DE PROBABILIDADE DE FATALIDADE PARA OS EFEITOS DE TOXICIDADE. ....                                      | 84 |
| FIGURA 32 - PROBABILIDADES DE DIREÇÕES DE VAZAMENTO - INSTALAÇÕES ENTERRADAS. ....  | 87 |
| FIGURA 33 - CRITÉRIO DE TOLERABILIDADE PARA RISCO SOCIAL CONSIDERANDO-SE O COMPRIMENTO DE 500M DE EXTENSÃO DE DUTO. FONTE: CETESB (2011)..... | 88 |

## LISTA DE QUADROS

|   |    |
|---|----|
| QUADRO 1 - CATEGORIA DE PROBABILIDADE.....  | 24 |
| QUADRO 2 - CATEGORIA DE CONSEQUÊNCIAS.....  | 24 |
| QUADRO 3 - MATRIZ DE RISCO. ....  | 24 |
| QUADRO 4 - AVALIAÇÃO DE TOLERABILIDADE.....   | 25 |
| QUADRO 5 - TÉCNICAS APLICÁVEIS AS FASES DOS CICLOS DE VIDA DA<br>INSTALAÇÃO INDUSTRIAL.....   | 27 |
| QUADRO 6 - MUNICÍPIOS ATRAVESSADOS PELO OLEODUTO.....   | 33 |
| QUADRO 7 - CLASSIFICAÇÃO DO TIPO DE AMBIENTE PARA FAIXA DE<br>DUTOS.....                      | 36 |
| QUADRO 8 - CRITÉRIO PARA DEFEINIÇÃO DE PERIODICIDADE DE<br>INSPEÇÃO DAS FAIXAS DE DUTOS. .... | 36 |
| QUADRO 9 - PRINCIPAIS CAUSAS DE ACIDENTES COM DUTOS.....                                      | 37 |
| QUADRO 10 - QUADRO RESUMO DOS DADOS POPULACIONAIS DA FAIXA<br>DO OLEODUTO.....                | 43 |
| QUADRO 11 - ACIDENTES COM IGNIÇÃO. ....   | 55 |
| QUADRO 12 - FREQUÊNCIA DE INCIDENTES A CADA 5 ANOS. ....                                      | 56 |
| QUADRO 13 - FREQUÊNCIA DE INCIDENTES PELO TAMANHO DO ORIFÍCIO<br>DE LIBERAÇÃO.....            | 56 |
| QUADRO 14 - CAUSA DOS INCIDENTES.....   | 56 |
| QUADRO 15 - MATRIZ DE TOLERABILIDADE DE RISCOS.....   | 58 |
| QUADRO 16 - CATEGORIA DE RISCO X NÍVEIS DE CONTROLE.....                                      | 58 |
| QUADRO 17 - CATEGORIAS DE SEVERIDADE PARA MEIO AMBIENTE –<br>SOLO.....                        | 59 |
| QUADRO 18 – CATEGORIAS DE SEVERIDADE PARA MEIO AMBIENTE –<br>ÁGUA.....                        | 59 |
| QUADRO 19 - PROBABILIDADES DE IGNIÇÃO IMEDIATA E DE EXPLOSÃO.<br>.....                        | 86 |
| QUADRO 20 - PROBABILIDADES DE IGNIÇÃO RETARDADA. ....   | 86 |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| TABELA 1 - ATUALIZAÇÃO DOS PONTOS NOTÁVEIS DA FAIXA DO OLEODUTO. ....  | 44 |
| TABELA 2 - COMPARATIVO ENTRE A CLASSE DE LOCAÇÃO APRESENTADA EM 2006 E A ÚLTIMA REVISÃO DISPONIBILIZADA PELA EMPRESA, EM 2013..... | 45 |
| TABELA 3 - GRAU DE RISCO PARA AS HIPÓTESES ACIDENTAIS.....   | 79 |

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>INTRODUÇÃO .....</b>  | <b>15</b> |
| 1.1 DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA .....                          | 16        |
| 1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA.....   | 16        |
| 1.2.1 OBJETIVO GERAL .....   | 17        |
| 1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....                                      | 17        |
| 1.3 JUSTIFICATIVAS E CONTRIBUIÇÕES .....                               | 17        |
| 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....   | 18        |
| <b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>                                     | <b>19</b> |
| 2.1 ANÁLISES DE RISCOS INDUSTRIAIS .....                               | 19        |
| 2.2 ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCO .....                                 | 20        |
| 2.2.1 IDENTIFICAÇÃO DOS PERIGOS .....                                  | 20        |
| 2.2.2 AVALIAÇÃO DE RISCO .....   | 21        |
| 2.2.3 TÉCNICAS DE IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS E AVALIAÇÃO DE RISCOS ..... | 25        |
| 2.2.4 ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCO (APR) .....                          | 27        |
| 2.3 ANÁLISE QUANTITATIVA DE RISCO .....                                | 29        |
| 2.4 DUTOS .....  | 30        |
| 2.4.1 PROTEÇÃO CATÓDICA.....   | 33        |
| 2.4.2 CLASSE DE LOCAÇÃO .....  | 35        |
| 2.4.3 CAUSA DE ACIDENTES EM DUTOS .....                                | 36        |
| <b>3 METODOLOGIA.....</b>  | <b>39</b> |
| 3.1 PESQUISA POR DOCUMENTAÇÃO INDIRETA .....                           | 39        |
| 3.2 PESQUISA POR DOCUMENTAÇÃO DIRETA .....                             | 39        |
| 3.3 OBSERVAÇÃO DIRETA INTENSIVA.....                                   | 40        |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>4 ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>  | <b>41</b> |
| 4.1 CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO E DO SEU ENTORNO.....                   | 42        |
| 4.2 IDENTIFICAÇÃO DOS PERIGOS .....  | 51        |
| 4.3 ANÁLISE DO ESTUDO QUANTITATIVO DE RISCO.....                             | 79        |
| 4.3.1 CONSOLIDAÇÃO DAS HIPÓTESES ACIDENTAIS.....                             | 79        |
| 4.3.2 ESTIMATIVA DOS EFEITOS FÍSICOS E AVALIAÇÃO DE<br>VULNERABILIDADE ..... | 80        |
| 4.3.2.1 EFEITOS FÍSICOS .....  | 81        |
| 4.3.2.2 VULNERABILIDADE .....  | 82        |
| 4.3.2.3 ESTIMATIVA DE FREQUÊNCIAS.....                                       | 84        |
| 4.3.3 RISCO INDIVIDUAL (RI) .....  | 87        |
| 4.3.4 RISCO SOCIAL (RS).....   | 87        |
| 4.3.5 RISCO CUMULATIVO DA FAIXA DE DUTOS .....                               | 88        |
| 4.3.6 REDUÇÃO DO RISCO .....   | 89        |
| 4.3.7 MAPEAMENTO DO RISCO AMBIENTAL – MARA .....                             | 89        |
| <b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>   | <b>90</b> |
| 5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....                                   | 91        |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS: .....</b>                                     | <b>92</b> |
| <b>ANEXO 01.....</b>   | <b>95</b> |

## INTRODUÇÃO

Apesar de construídos e operados dentro de níveis internacionais de segurança, os dutos interligam unidades industriais, com malhas dutoviárias que percorrem grandes distâncias, estando sujeitos a erosões, deslizamentos de terra, corrosão, vandalismo e ação de terceiros, os quais podem ocasionar vazamentos, que decorrente das altas pressões que os produtos são bombeados e das características físico-químicas das substâncias transportadas, causam danos ambientais e sócio-econômicos de grandes impactos. Segundo o MMA (2007), o principal perigo para oleodutos, é ocorrência de um derrame do líquido no meio ambiente, ocasionada por uma ruptura catastrófica ou de um vazamento em qualquer um dos seus componentes (duto, válvula, bomba, etc).

No Brasil, a atenção para acidentes envolvendo dutos, iniciou em 1984, após o rompimento de um duto de gasolina seguido de incêndio em Cubatão – Vila Socó, causando cerca de 500 vítimas, das quais 93 fatais, decorrente de falha operacional<sup>1</sup>.

No Paraná, em julho de 2000, cerca de 4 milhões de litros de petróleo vazaram do oleoduto OSPAR na Refinaria Presidente Getúlio Vargas, em Araucária (PR) e em Fevereiro de 2001, o oleoduto OLAPA se rompeu na serra do mar, também no Paraná, vazando cerca de 50 mil litros de diesel e atingindo quatro rios<sup>2</sup>.

Em São Paulo, no ano de 2004, foi constatado afloramento de petróleo em São Sebastião, causada por uma fenda longitudinal no oleoduto OSBAT 24<sup>3</sup>. O vazamento ocorreu dentro de Unidade de Conservação (área do Parque Estadual da Serra do Mar), atingindo o rio Guaecá, praias e áreas de preservação permanente<sup>3</sup>. Com base nas consequências dos acidentes com dutos é possível entender a importância das análises de risco, pois durante a sua execução são identificados os riscos associados ao sistema em estudo, permitindo que possíveis perigos sejam mitigados, reduzindo custos e prevenindo acidentes. Os estudos de análise de risco, constituem uma metodologia sistemática para a identificação, avaliação e mitigação de potenciais riscos de processos que podem causar perdas humanas, ambientais e econômicas. (JORGENSEN et al. 2010 apud SELLA, 2014).

Para dutos, as análises de risco precisam acompanhar a dinâmica populacional da local em que está inserido, por se desenvolverem extramuros. Ao longo de um duto, por exemplo, as

---

<sup>1</sup> <http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/emergencia/relatorio.php>

<sup>2</sup> <http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/emergencia/relatorio.php>

<sup>3</sup> <http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/emergencia/relatorio.php>

condições geralmente estão mudando, causando alterações nos riscos, nas probabilidades e nas possíveis consequências. Como as condições também mudam com o tempo, o risco não é constante mesmo em um local fixo. “Quando realizamos uma avaliação de risco, estamos realmente tirando um instantâneo da imagem de risco em um momento no tempo.” (MUHLBAUER, 2004)

Esta afirmação reitera a exigência da CETESB e IBAMA quando citam que a descrição do empreendimento e do seu entorno, realizada no início do estudo de análise de risco, devem ser fiéis ao momento em que este é realizado.

## 1.1 DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA

No estado do Paraná existe uma malha dutoviária expressiva, que possibilita o escoamento dos derivados de petróleo para outros estados e para fora do país, bem como abastecem a refinaria existente no estado e a região metropolitana de Curitiba.

Dentre esses dutos, foi escolhido um poliduto que transporta derivados de petróleo como objeto de estudo, a fim de avaliar sua análise quantitativa de risco, levando em consideração que foi elaborada em 2006 e encontra-se vigente até presente data, tendo como uma das principais referências utilizadas na época, a norma CETESB P4.261/2003.

Em 2011, a CETESB apresentou a norma P4.261 revisada, constando um termo de referência para elaboração de Estudo de Análise de Risco para dutos, fornecendo as diretrizes básicas para a elaboração do estudo e apresentando a visão da Instituição quanto a interpretação dos resultados e avaliação dos estudos. No mesmo ano, o IBAMA apresentou um termo de referência para estudo de análise de riscos em polidutos de transporte, para fins de licenciamento ambiental junto ao Órgão.

Baseado nestas normas, esta monografia visa atualizar a análise qualitativa de riscos do referido oleoduto e apresentar os itens que precisam ser revisados na análise quantitativa de risco que, dependendo do tipo de mudança que houve no período, deve ser realizada posteriormente, com o apoio de ferramentas adequadas (softwares).

## 1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA



### 1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar o Estudo de Análise de Risco de um oleoduto em operação, elaborado em 2006 e vigente até a presente data, sob a luz da norma CETESB P4.261 revisada em 2011 e do Termo de Referência do IBAMA, revisão 2013, atualizando as informações de forma a manter a Análise Preliminar de Risco (APR), ou seja, a análise qualitativa, condizente com a situação atual deste sistema.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar qualitativamente os principais riscos ambientais e situações acidentais ao longo da faixa de um oleoduto no estado do Paraná;
- Elaborar uma Análise Preliminar de Risco atualizada para o referido oleoduto;
- Comparar os requisitos das normas CETESB e IBAMA, baseando-se no estudo vigente, apresentando os pontos que precisam de atenção na revisão do estudo.

## 1.3 JUSTIFICATIVAS E CONTRIBUIÇÕES

A utilização do transporte dutoviário está em ascensão no Brasil, devido ao aumento da demanda por petróleo, derivados e gás natural. A atualização dos estudos de análises de riscos dos dutos se torna uma ferramenta primordial na garantia da integridade operacional, segurança das comunidades do entorno das faixas de dutos e preservação do meio ambiente, servindo de base para avaliação de outros dutos.

A partir de 2011, os órgãos ambientais apresentaram um novo olhar para o modal dutoviário, focando na avaliação do risco à população de interesse ao longo destes empreendimentos. Nesta nova abordagem, a realidade das faixas de dutos com relação às suas características locais, às condições operacionais e de manutenção e aos sistemas de proteção disponíveis foram enfatizadas.

Este estudo de caso se propõe a avaliar uma análise quantitativa de riscos de um oleoduto em operação, com 94 km de extensão, elaborada no ano de 2006, sem revisões até a presente data, apresentando os pontos que foram alterados com as novas abordagens destas normas. Deste estudo de caso, resultará uma Análise Preliminar de Risco (APR) atualizada, levando em consideração os critérios qualitativos exigidos pelas normas vigentes. Este documento pode ser utilizado como base para a análise quantitativa de risco que deverá ser feita posteriormente pela Empresa responsável pelo equipamento, como também para outros empreendimentos de médio e grande porte, com características operacionais similares.

#### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está organizado em cinco capítulos. O primeiro apresentou uma introdução sobre a problemática a ser estudada e seus objetivos principal e secundários.

O segundo capítulo traz o referencial teórico com dados relativos à análise de risco industrial, subdividida em análise qualitativa de risco, com algumas técnicas de avaliação e análise quantitativa de risco. Define também os dutos, classe de locação, sistema de proteção catódica e principais causas de acidentes com estas tubulações.

O terceiro capítulo aborda a metodologia de pesquisa usada para este estudo.

O quarto capítulo apresenta os resultados da avaliação realizada no estudo de análise quantitativa de risco de um oleoduto em operação.

O quinto capítulo relata as considerações finais acerca dos resultados com relação aos objetivos e faz o fechamento da pesquisa.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 ANÁLISES DE RISCOS INDUSTRIAIS

O processo de identificação, avaliação e gerenciamento dos riscos operacionais compreende as atividades de elaboração dos estudos de riscos, aprovação e gerenciamento da implementação das recomendações destes estudos e reavaliação dos riscos identificados. (TRANSPETRO, 2016).

A Agência Nacional de Petróleo (ANP), através do Regulamento Técnico de Dutos Terrestres (RTDT), de 2010, exige do Transportador a identificação e realização de análise qualitativa ou quantitativa dos riscos, com o propósito de recomendar ações para controlar e reduzir a ocorrência de incidentes que comprometam a integridade estrutural e a segurança operacional da instalação.

Um modelo de avaliação de risco de dutos é um conjunto de algoritmos ou "regras" que utilizam as informações disponíveis e as relações de dados para medir níveis de risco ao longo de um duto. (MUHLBAUER, 2004)

Segundo Transpetro (2016), os estudos de riscos de instalações poderão ter natureza qualitativa ou quantitativa, em função das especificidades e dos resultados esperados. Para a elaboração de estudos qualitativos, a avaliação de riscos utiliza a matriz de tolerabilidade de riscos e os meios de análise, confrontando com as categorias de tolerabilidade. Essas categorias são determinadas pela correlação entre a frequência dos eventos indesejados e a severidade das consequências esperadas. Os estudos quantitativos têm por objetivo principal estimar o risco de morte para pessoas em decorrência da atividade industrial. Estes estudos são exigidos pelos órgãos ambientais como parte integrante dos processos de licenciamento.

Os estudos de riscos devem ser revalidados sempre que houver mudanças nas instalações, nos processos ou alterações significativas extramuros. Em instalações novas a revalidação deve ocorrer 2 (dois) anos após a partida da unidade e em instalações existentes, deve ser a cada 5 (cinco) anos. Um estudo de análise de riscos, seja ele qualitativo ou quantitativo, pode ser validado parcialmente, sendo necessária sua revisão somente nos itens onde foi identificada a alteração. Contudo, ainda que ocorra revisão parcial do estudo, o protocolo de reavaliação deverá ser aplicado após cinco anos da última revisão completa do estudo. O protocolo de reavaliação é uma ferramenta de gestão que permite que uma equipe

multidisciplinar avalie a necessidade de revalidação ou revisão dos estudos, conforme Anexo 01. (TRANSPETRO, 2016)

É importante ressaltar que identificando-se a necessidade de revisão de um estudo quantitativo de riscos, não há obrigatoriedade que o mesmo seja substituído por outra avaliação quantitativa. Devem ser avaliadas as mudanças realizadas, os parâmetros e premissas que sofreram alterações, os cenários que foram modificados ou incluídos, de forma que possa ser avaliada a metodologia mais adequada para contemplar a nova realidade operacional. (TRANSPETRO, 2016)

## 2.2 ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCO

### 2.2.1 Identificação dos Perigos

O gerenciamento eficaz de um sistema industrial deve ser planejado para controlar os riscos, reagir a mudanças de demanda e sustentar uma cultura positiva em saúde e segurança, preocupando-se com a prevenção através da identificação, eliminação e controle de perigos e riscos, permanecendo eficaz na redução destes riscos para nível tão baixo quanto praticável. (BS 8800, 2004)

Conforme a norma internacional British Standard (2004), deve ser realizada uma avaliação abrangente dos perigos e riscos associados a organização. Quando os perigos não puderem ser eliminados, deve ser assegurado que sejam fornecidos controles adequados e efetivos para reduzi-los a níveis toleráveis. A identificação dos perigos e avaliação dos riscos é baseada em três perguntas principais:

- há uma fonte de danos?
- quem (ou o que) pode ser prejudicado?
- como pode ocorrer o dano?

Segundo Muhlbauer (2004), um perigo é definido como característica ou grupo de características que proporciona o potencial de uma perda. Inflamabilidade e toxicidade são exemplos dessas características. É importante fazer a distinção entre um perigo e um risco porque podemos mudar o risco sem alterar um perigo.

Para De Cicco e Fantazzini (1994), o perigo são as condições de uma variável com o potencial necessário para causar danos, que podem ser lesões a pessoas, danos a equipamentos,

perda de material em processo ou redução de desempenho. Existindo o perigo, persistem as possibilidades de efeitos adversos.

Os perigos, precisam ser identificados antes dos riscos associados a ele. Se não existirem controles ou os controles existentes forem inadequados, controles efetivos devem ser implementados. A organização precisará aplicar o processo de identificação de perigos e avaliação de risco para determinar os controles que são necessários para reduzir os riscos de incidentes. A identificação dos perigos visa determinar todas as fontes, situações ou atos (ou uma combinação destes), decorrentes de um atividades da organização, com potencial de danos as pessoas. (OHSAS 18001, 2007)

O risco é definido como a probabilidade de ocorrência de um evento que causa uma perda e a magnitude potencial dessa perda. O risco é aumentado quando a probabilidade do evento aumenta ou quando a magnitude do potencial da perda aumenta. Transporte de produtos por dutos, por exemplo, é um risco porque há probabilidade de falha no duto, liberando seu conteúdo e causando danos, além da perda potencial do próprio produto. (MUHLBAUER, 2004)

O risco é a combinação da probabilidade e consequência de um evento perigoso acontecer, considerando dois elementos:

- a probabilidade de um evento perigoso;
- as consequências do evento (gravidade do dano em termos de lesão humana ou doença). (BS 8800, 2004).

De Cicco e Fantazzini (2003), citam a divisão dos riscos que podem atingir uma empresa em riscos especulativos (dinâmicos), que envolvem a possibilidade de ganho ou uma chance de perda e, riscos puros (estáticos), que ocorrem quando há somente chance de perda em um acidente, sem nenhuma possibilidade de ganho ou lucro, sendo as principais perdas acidentais (diretas ou indiretas) listadas abaixo:

- perdas decorrente de morte ou invalidez de funcionários;
- perdas por danos à propriedade e bens em geral;
- perdas decorrentes de fraudes ou atos criminosos;
- perdas por danos causados a terceiros.

### 2.2.2 Avaliação de Risco

A avaliação de risco é um processo de identificação dos perigos e avaliação dos riscos para a saúde e segurança decorrentes desses perigos, levando em consideração os controles existentes. (BS 8800, 2004).

Segundo Muhlbauer, (2004), a avaliação de risco deve medir a probabilidade e as consequências de todos os eventos potenciais que compõem o perigo, propiciando tomada de decisões relacionadas ao gerenciamento desses riscos.

O objetivo da avaliação e controle de risco é compreender os perigos que podem surgir na curso das atividades da organização e garantir que quaisquer riscos para as pessoas, oriundo dos perigos, sejam reduzidos a níveis aceitável ou tolerável. Para a realização eficaz destas avaliações, são necessárias as seguintes etapas: (BS 8800, 2004).

- a) Classificar as atividades de trabalho;
- b) Identificar todos os perigos significativos relacionados a cada atividade de trabalho;
- c) Identificar controles de risco existentes;
- d) Determinar o risco associado a cada perigo;
- e) Determinar a tolerabilidade dos riscos.

A avaliação de risco deve estabelecer diretrizes para identificação e análise de riscos que podem resultar em incidentes, a serem conduzidos nas diferentes fases do ciclo de vida da instalação, devendo identificar os trechos críticos do duto, os possíveis modos de falha e os cenários acidentais a serem contemplados pelo Plano de Emergência. (RTDT, 2010)

Os resultados das avaliações de risco permitem que a organização compare opções de redução de risco e que sejam priorizados recursos para a gestão efetiva dos riscos. Os resultados da identificação de perigo, avaliação de risco e determinação dos controles também devem ser usados ao longo do desenvolvimento e implementação do sistema de gerenciamento da saúde e segurança do trabalho. (OHSAS 18001, 2007).

A avaliação e controle dos riscos precisam ser planejados e priorizados para serem efetivos. Avaliações mal planejadas, tratadas como imposições burocráticas, tem efeito mínimo sobre a redução e o controle de riscos. A avaliação dos riscos deve constituir uma base prática para as decisões sobre quais ações (medidas de controle de risco) devem ser tomadas para reduzir ou controlar o risco. Um dos principais critérios a serem adotados é a priorização preliminar de onde os riscos são mais prováveis de serem altos. A priorização pode ser de enorme valor prático e os cinco principais perigos devem ser avaliados primeiro. Quando não é realizada a priorização, atividades potencialmente de alto risco podem não ser consideradas

na avaliação. O nível de detalhe em uma avaliação de risco deve estar relacionado à magnitude do risco, devendo-se fazer uma escolha seletiva dos riscos avaliados em detalhes. (BS 8800, 2004).

Uma avaliação de risco, independentemente da metodologia empregada, possui limitações. A capacidade de prever falhas em dutos - quando e onde elas ocorrerão - obviamente é uma grande vantagem na redução do risco, mas os acidentes com dutos são relativamente raros e muitas vezes envolvem falhas simultâneas de várias provisões de segurança, tornando previsões de falhas precisas quase impossíveis. Assim, normalmente, não busca-se prever como ocorrerão as próximas falhas mas sim, capturam-se, de forma sistemática e objetiva, tudo o que pode ser conhecido sobre o duto e o ambiente que ele está instalado, para colocar essa informação em um contexto de risco, e então usá-lo para tomar melhores decisões. (MUHLBAUER, 2004).

Na avaliação de risco, é importante considerar que um determinado risco é mais grave se afetar um número maior de pessoas, alcançando maior benefício com a sua redução. O fato do benefício ser maior afeta o quanto é razoável gastar em medidas de controle. Onde a atividade perigosa pode causar danos graves a um grande número de pessoas em um acidente, (ex: mortes múltiplas), deve-se considerar o risco social, que refere-se a aversão pública a grandes números de mortos em um único acidente. Este fator de risco da sociedade também afeta o quanto é razoável gastar em medidas de controle e deve ser adicionado ao efeito de beneficiar um maior número de indivíduos. (BS 8800, 2004).

O Dano é a gravidade da perda humana, material ou financeira resultante da perda do controle sobre um determinado perigo. (DE CICCIO E FANTAZZINI, 1987).

Ao ser avaliada a gravidade potencial do dano, deve ser considerado:

- Como a pessoa provavelmente será afetada?;
- Que dano resultará?

Deve-se ter cuidado para garantir que as definições da categoria de danos reflitam tanto a saúde quanto a segurança (curto prazo) quanto as consequências e os efeitos (longo prazo). Os avaliadores precisam ser treinados para considerar a necessidade de avaliar ambos os tipos de danos, pois pode ser uma tendência a se concentrar exclusivamente em riscos de curto prazo. (BS 8800, 2004).

Os riscos são estimados de acordo com sua probabilidade e gravidade potencial do dano. Ao longo da avaliação de riscos, deve ser dada especial atenção aos riscos associados a danos muito nocivos e com consequências extremamente prejudiciais. Nestes casos, é útil estimar as

classificações de risco com e sem controles instalados, enfatizando a importância de manter os controles. (BS 8800, 2004).

A norma internacional British Standard (2004) apresenta exemplos de critérios de avaliação de probabilidade (Quadro 1) e consequência (Quadro 2), definindo sua matriz de riscos (Quadro 3), para casos onde não há grande complexidade:

| Categoria de probabilidade do dano | Muito provável  | Provável                                  | Pouco provável   | Muito pouco provável   |
|------------------------------------|---|---|--|--|
| Ocorrência típica                  | Ocorre pelo menos uma vez a cada 6 meses a uma pessoa | Ocorre uma vez a cada 5 anos a uma pessoa | Ocorre uma vez durante o tempo de trabalho de uma pessoa | Há menos de 1% de chance de ocorrer por uma pessoa durante o tempo de trabalho |

Quadro 1 - Categoria de Probabilidade.

Fonte: BS 8800 (2004) Occupational Health and Safety Management Systems Guide

| Categoria de dano | Leve   | Moderado   | Extremo  |
|-------------------|--|--|--|
| Saúde             | Incômodo ou irritação, doença temporária que leva ao desconforto                 | Perda parcial da audição, dermatites, asma, doenças que levam a incapacidades permanentes menores, desordens em membros superiores | Doenças agudas fatais, ou que encurtam o tempo de vida severamente, incapacidade substancial |
| Segurança         | Lesões superficiais, cortes pequenos e contusões, irritação dos olhos por poeira | Lacerações, queimaduras, choques, deslocamentos, torções ou distensões sérias, fraturas menores                                    | Lesões fatais, amputações, múltiplas lesões, fraturas  |

Quadro 2 - Categoria de Consequências.

Fonte: BS 8800 (2004) Occupational Health and Safety Management Systems Guide

| Probabilidade do dano | Severidade do dano |                   |                  |
|-----------------------|--------------------|-------------------|------------------|
|                       | Leve               | Moderado          | Extremo          |
| Muito pouco provável  | Risco muito baixo  | Risco muito baixo | Risco alto       |
| Pouco provável        | Risco muito baixo  | Risco médio       | Risco muito alto |
| Provável              | Risco baixo        | Risco alto        | Risco muito alto |
| Muito provável        | Risco baixo        | Risco muito alto  | Risco muito alto |

Quadro 3 - Matriz de risco.

Fonte: BS 8800 (2004) Occupational Health and Safety Management Systems Guide



Para a determinação da tolerabilidade dos riscos, a organização deve primeiro estabelecer critérios de tolerabilidade para fornecer uma base para a consistência em todas as suas avaliações de risco. Isso deve envolver a consulta com representantes dos trabalhadores e outros partes interessadas, devendo considerar a legislação e a orientação da agência reguladora, quando aplicável. O Quadro 4 apresenta um modelo de avaliação de tolerabilidade. (BS 8800, 2004)

| Categoria de risco | Tolerabilidade   | Ação necessária e cronograma  |
|--------------------|--|---|
| Muito baixo        | Aceitável  | Não há ação necessária - manter controles   |
| Baixo              | Riscos que devem ser reduzidos para serem toleráveis ou aceitáveis | Não necessita de controles adicionais ou controles de baixo custo   |
| Médio              |  | Considerar medidas de controles adicionais levando-se em conta o custo e determinando-se um prazo e assegurar a manutenção dos controles  |
| Alto               |  | Esforços devem ser feitos para reduzir estes riscos, considerando a suspensão ou restrição da atividade. Prever medidas de controle e manter as existentes. Atenção aos riscos que causam danos extremos. |
| Muito Alto         | Inaceitável  | Controles de riscos são necessários, tal como melhorias substanciais. Se não for possível reduzir o risco, a atividade deve ser proibida.   |

Quadro 4 - Avaliação de tolerabilidade.

Fonte: BS 8800 (2004) Occupational Health and Safety Management Systems Guide

Uma avaliação de risco deve ser detalhada o suficiente para identificar riscos e as medidas de controle necessárias para reduzir o risco de danos. O processo de avaliação de risco também deve constituir a base para a identificação das situações e cenários que exigem planos de emergência e de evacuação, onde equipamentos de emergência ou assistência, são necessários. (BS 8800, 2004).

De acordo com a norma internacional British Standard (2004), a complexidade da instalação a ser analisada pode variar a forma de identificação dos perigos, podendo ser realizada uma avaliação qualitativa ou quantitativa. Em alguns casos, uma análise qualitativa pode levar à necessidade de uma análise quantitativa, com maior nível de detalhamento, atendendo a um requisito legal, por exemplo.

### 2.2.3 Técnicas de identificação de perigos e avaliação de riscos

As instalações industriais necessitam de avaliação e adequações ao longo do seu ciclo de vida, buscando atender as metas de desempenho, confiabilidade, disponibilidade e

manutenibilidade. A técnica de engenharia de confiabilidade a ser aplicada dependerá das condições específicas de cada instalação, devendo ser documentada e atualizada ao longo de todas as fases do ciclo de vida. (PETROBRAS, 2012).

Segundo De Cicco e Fantazzini (2003), as técnicas de análise de risco podem ser divididas em quatro grupos: análises iniciais, análises operacionais, análises detalhadas e análises quantitativas. A Análise Preliminar de Risco (APR), classificada como análise inicial, consiste num estudo com a finalidade de se determinar os riscos que poderão estar presentes na fase operacional do equipamento.

Na Técnica dos Incidentes Críticos, categorizada como análise operacional, o incidente crítico ou quase acidente, é qualquer situação onde o risco potencial tem a chance de se traduzir na forma de um acidente do trabalho, mas que não se materializa o acidente, dando lugar apenas ao incidente.

Na Análise de Modos de Falhas e Efeitos, considerada uma análise detalhada, são analisados sistemas mais simples e com falhas singulares que permitem avaliar como podem falhar os componentes de um equipamento ou sistema, estimar as taxas de falhas, determinar os efeitos decorrentes destas falhas e estabelecer as mudanças necessárias para aumentar a probabilidade de que o sistema ou equipamento, funcione de maneira satisfatória.

Para análises quantitativas, utiliza-se a Árvore de Falhas, que estuda os fatores que poderiam causar um efeito indesejável (falha, risco principal ou catástrofe), onde dados probabilísticos podem ser aplicados a sequências lógicas.

De acordo com a PETROBRAS (2015), cabe ao gestor do equipamento, proprietário da instalação a ser analisada, a definição da(s) técnica(s) de identificação de perigos e análise de riscos que devem ser aplicadas, baseada nas características da instalação e nos objetivos e resultados esperados. O Quadro 5, apresenta as técnicas usualmente aplicáveis de acordo com as fases do ciclo de vida da instalação industrial.

| Fase do ciclo de vida da instalação industrial \ Técnicas aplicáveis (mais usuais) | Projeto conceitual (FASE 2) | Projeto básico (FASE 3) | Projeto de detalhamento | Comissionamento / pré-operação | Operação (ver Nota 1) | Desativação |
|--|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|-----------------------|-------------|
| Lista de verificação ("checklist")   |                             |                         |                         | X                              | X                     | X           |
| E se? ("what if?")   | X                           |                         |                         |                                | X                     |             |
| Análise Preliminar de Riscos (APR)   | X                           | X                       | X                       | X                              | X                     | X           |
| Estudo de Perigos e Operabilidade (HAZOP)  |                             | X                       | X                       | X                              | X                     |             |
| Análise de Camadas de Proteção (LOPA)  |                             | X                       | X                       |                                | X                     |             |
| Análise de consequências   |                             | X                       | X                       |                                | X                     |             |
| Análise Quantitativa de Riscos (AQR)   |                             |                         | X                       |                                | X                     |             |

NOTA 1 Durante a fase de operação, as ampliações/modificações que não sejam consideradas como novo empreendimento devem ser tratadas através do processo de gestão de mudanças.

NOTA 2 Durante a fase de construção e montagem, devem ser aplicadas técnicas de identificação de perigos e classificação de riscos adequadas às atividades específicas.

Quadro 5 - Técnicas aplicáveis as fases dos ciclos de vida da instalação industrial.  
Fonte: Petrobras (2015)

#### 2.2.4 Análise Preliminar de Risco (APR)

Sendo muito utilizada nos E.U.A. para estudo de segurança industrial, a Análise Preliminar de Perigo (PHA), também conhecida como Análise Preliminar de Riscos (APR), tem o objetivo de identificar, nos termos gerais, os acidentes potenciais associados a uma instalação, que podem ser ocasionados por eventos indesejáveis (ANDREWS & MOSS, 2002 *apud* VIANA, 2011 ).

A APR é uma técnica indutiva estruturada para identificar os principais perigos e situações acidentais, suas possíveis causas e consequências, avaliar qualitativamente seus riscos, analisar as salvaguardas existentes e propor recomendações (PETROBRAS, 2015). A figura 2 apresenta Fluxograma para Aplicação da Metodologia de APR.

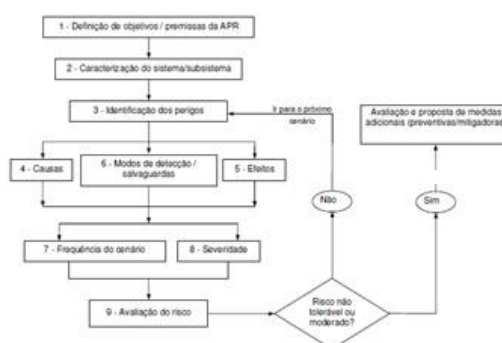


Figura 1 - Fluxograma para aplicação da APR.  
Fonte: Petrobras (2015).

A APR é uma técnica qualitativa que envolve uma análise disciplinada da seqüência de eventos que podem transformar um perigo potencial em um acidente, incluindo medidas para a redução das frequências e/ou consequências dos cenários acidentais. As possíveis consequências do acidente são então consideradas em conjunto com as medidas corretivas, que poderiam contribuir para a sua prevenção (ANDREWS & MOSS, 2002 *apud* VIANA, 2011 ). A Figura 3 apresenta um modelo de planilha para a realização da APR, apresentado pela Petrobras (2015):

|             |        | ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS (APR) |                          |       |         |   |         |   |    |                  |        | Nível de Proteção |                             |          |
|-------------|--------|------------------------------------|--------------------------|-------|---------|---|---------|---|----|------------------|--------|-------------------|-----------------------------|----------|
| Unidade:    |        | Sistema:                           |                          |       |         |   |         |   |    |                  |        | Gerência Emitente |                             |          |
| Subsistema: |        | Descrição:                         |                          |       |         |   |         |   |    | Desenhos e Rev.: |        | Data:             |                             |          |
| Perigo      | Causas | Consequências                      | Detecções / Salvaguardas | Freq. | Pessoal |   | Instal. |   | MA |                  | Imagem |                   | Recomendações / Observações | Condição |
|             |        |                                    |                          |       | S       | R | S       | R | S  | R                | S      | R                 |                             |          |
|             | □      | □                                  | □                        |       |         |   |         |   |    |                  |        |                   |                             |          |
|             | □      | □                                  | □                        |       |         |   |         |   |    |                  |        |                   |                             |          |

Figura 2 – Modelo de planilha para APR.  
Fonte: Petrobras N-2782 (2015).

A seguir será apresentada a descrição das informações a serem preenchidas na planilha da APR, segundo o modelo apresentado acima:

- *Causas* - podem advir de falhas de equipamentos, erro humano, uma condição de operação do processo não prevista, fatores externos etc;
- *Efeitos* - são os resultados decorrentes da concretização do perigo identificado, incluindo os efeitos físicos das possíveis perdas de contenção (Incêndio em poça, incêndio em jato, explosão, dispersão de produto tóxico ou inflamável, etc.);
- *Modos de Detecção* - são dispositivos, sistemas ou outros meios já existentes na instalação ou previstos no projeto, utilizados para identificar a ocorrência do cenário acidental. Exemplos: alarmes, detectores de gás, visual, auditivo, olfativo etc;
- *Frequência* - as categorias de frequência visam permitir uma avaliação da frequência do cenário acidental e não do evento iniciador. Para a classificação da frequência do cenário acidental deve ser considerada a atuação das salvaguardas preventivas existentes ou previstas em projeto;
- *Severidade (S)* - categorias de severidade atribuídas aos possíveis efeitos levantados para o cenário analisado, em relação às seguintes dimensões: segurança pessoal, patrimônio, meio ambiente e imagem da Companhia. Para esta categorização deve ser utilizada a matriz de tolerabilidade de riscos apresentada na Figura 3;
- *Riscos (R)* - categorias de risco resultantes da combinação da frequência de ocorrência com a severidade do cenário analisado, em relação às dimensões consideradas no estudo. Para esta categorização deve ser utilizada a matriz de tolerabilidade de riscos apresentada na Figura 3;
- *Recomendações / Observações* - medidas propostas para prevenir a ocorrência do evento acidental ou mitigar suas consequências sempre que as salvaguardas existentes

forem consideradas insuficientes. Quando necessárias, as observações podem ser registradas nesta coluna a fim de esclarecer o cenário analisado;

- *Cenário* - número sequencial de identificação do cenário acidental.

De acordo com De Cicco e Fantazzini (1994), a APR pode ser utilizada em sistemas operacionais, instalações existentes de grandes dimensões ou quando pretende-se priorizar os risco, sendo utilizada na maioria dos casos para análises qualitativas, mas também sendo empregada para a identificação de cenários de acidentes (hipóteses acidentais) nas análises quantitativas, para obtenção dos índices de risco.

A norma CETESB (2011) recomenda a utilização de técnicas estruturadas para identificação das possíveis sequências de eventos, não devendo ser genérica e demonstrando a situação atual do empreendimento. O IBAMA (2013), exige a aplicação da técnica APP - Análise Preliminar de Perigos.

### 2.3 ANÁLISE QUANTITATIVA DE RISCO

Os modelos probalísticos de avaliação de risco são mais rigorosos e complexos e referem-se a uma abordagem de modelagem conhecida como avaliação probabilística de risco ou avaliação quantitativa de risco, utilizada em indústrias nucleares, químicas, aeroespacial e, para alguns casos da indústria petroquímica. Esta técnica matemática e estatística, depende fortemente de dados históricos de falhas e da análise da árvore de eventos / árvore de falhas, produzindo avaliações absolutas de risco de todos os possíveis eventos de falha. Estes estudos são modelos mais elaborados, sendo mais caros do que outras avaliações de risco, pois exigem tecnologias de modelagem atualizadas, operadores treinados e precisam de dados extensivos. (MUHLBAUER, 2004).

Conforme a Transpetro (2016), para a realização de estudos quantitativos, algumas etapas devem ser seguidas:

I. Análise Qualitativa de Riscos, que visa identificar e selecionar os cenários acidentais para os quais serão realizadas simulações matemáticas;

II. Estimativa das frequências de ocorrência de eventos iniciadores de acidentes, com base em dados históricos de falhas/acidentes;

III. Análise de Consequências e Vulnerabilidade - através de modelos matemáticos, são realizadas simulações com objetivo de dimensionar os efeitos físicos decorrentes de cada

cenário acidental identificado na etapa qualitativa. Após esta estimativa, é feita uma correlação entre os alcances e a probabilidade de fatalidade de uma pessoa em decorrência destes efeitos, que é denominado cálculo de vulnerabilidade;

IV. Cálculo do Risco - o risco associado a cada cenário é função da consequência (vulnerabilidade) x frequência associada a ele. O risco total é representado pelo somatório dos riscos de cada cenário. Tipicamente são calculados os riscos sociais e individuais de morte.

Segundo Muhlbauer (2004), numa análise quantitativa de risco, todos os receptores dentro da área de risco definida devem ser caracterizados, bem como as vias de exposição a potenciais receptores. Densidades populacionais, tanto permanente quanto transitória (tráfego de veículos, hora do dia, dia da semana, e considerações sazonais, etc.); sensibilidades ambientais; tipos de propriedade; uso da terra; e águas subterrâneas, são alguns dos receptores tipicamente caracterizados. A vulnerabilidade do receptor muitas vezes será uma função do tempo de exposição, que é uma função da mobilidade do receptor, isto é, sua capacidade de escapar da área. As sequências de eventos são geradas para todas as mudanças de parâmetros. Para um oleoduto de substâncias perigosas, envolverá os seguintes parâmetros:

- Chance de falha;
- Possibilidade de tamanho do furo de falha;
- Tamanho do derramamento (considerando detecção de vazamento e cenários de reação);
- Chance de ignição imediata;
- Dispersão de derramamento;
- Possibilidade de ignição retardada;
- Tamanho da área de risco (para cada cenário);
- Possibilidade do receptor estar em área de risco;
- Possibilidade de vários estados de dano para vários receptores.

## 2.4 DUTOS

O RTDT (2010), considera dutos uma designação genérica de instalação constituída por tubos ligados entre si, incluindo os componentes e complementos, destinada ao transporte ou transferência de fluidos, entre as fronteiras de Unidades Operacionais geograficamente distintas. Oliveira (2005), define dutos como estruturas, enterradas ou superficiais, utilizadas para o transporte de diversos tipos de produtos, líquidos ou gasosos, entre pontos de produção

até os consumidores. Os dutos seguem a diretriz traçada pelo projeto, sequência esta interrompida de tempos em tempos por estações de bombeamento e pelas tancagens para armazenamento, nas regiões de consumo (PAULA, 2012).

Faixa de dutos é a área de terreno de largura definida, ao longo da diretriz dos dutos, legalmente destinada à construção, montagem, operação, inspeção e manutenção dos mesmos, assim como à delimitação de área de segurança a terceiros (RTDT, 2010). As faixas possuem largura que variam de 10 a 50 m, sendo mais comuns larguras de faixa da ordem de 20 m (OLIVEIRA, 2005). A faixa de servidão é sinalizada por marcos e placas, que delimitam a região onde não se podem fazer escavações, construções, ocupações, queimadas e obras em geral, conforme Figura 4. Os dutos ficam enterrados a uma profundidade média de 1 metro (PAULA, 2012).

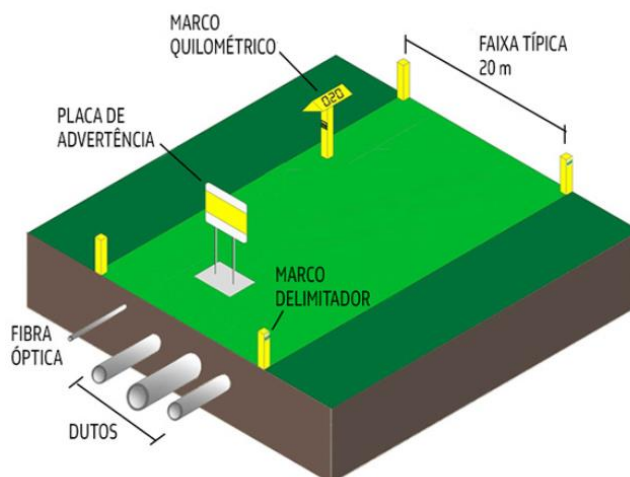


Figura 3 - Exemplo de faixa de dutos típica, 2017.  
Fonte: Arquivos Transpetro (2017)<sup>4</sup>.

No Brasil, o transporte de derivados de petróleo e de gás natural são regulados pelo Governo Federal do Brasil, através da Agência Nacional do Petróleo - ANP. As maiores operadoras de dutos no Brasil são a Petrobras Transporte S.A - Transpetro, empresa subsidiária da Petrobrás, e a Transportadora Brasileira Gasoduto Bolívia-Brasil – TBG. A Figura 5 apresenta um mapa com a localização dos dutos operados pela Transpetro. (OLIVEIRA, 2005).

<sup>4</sup> Imagem fornecida à autora pela Tranpetro.



Figura 4 - Mapa com a localização dos dutos no Brasil.  
Fonte: Site Transpetro (04/2018)<sup>5</sup>.

Na região Sul do Brasil, nos estados do Paraná e Santa Catarina, estão localizados a Refinaria Presidente Getúlio Vargas – REPAR, sediada em Araucária/PR e os Terminais Aquaviários de São Francisco do Sul/SC e de Paranaguá/PR. A REPAR recebe Petróleo pelo modal dutoviário, através do terminal de São Francisco do Sul. Da REPAR, um oleoduto com 94 Km de extensão, abastece o terminal de Paranaguá, conforme Figura 6. (PAULA, 2012).



Figura 5 - Mapa dos dutos nos Estados do Paraná e Santa Catarina.  
Fonte: Google Earth (2018).

<sup>5</sup> [http://www.transpetro.com.br/pt\\_br/areas-de-negocios/terminais-e-oleodutos.html](http://www.transpetro.com.br/pt_br/areas-de-negocios/terminais-e-oleodutos.html)



O oleoduto objeto deste estudo, é de aço carbono (API 5LX-X46), possui 12” de diâmetro e encontra-se enterrado ao longo dos seus 94 km de extensão, aflorando nas áreas de válvulas de bloqueio intermediárias, que têm como objetivo segregar o oleoduto em seções para o caso de emergência ou manutenção, de acordo com o seu manual de operação. (PETROBRAS, 2015)

O oleoduto iniciou suas atividades em 1976, com o objetivo de transferir os derivados claros de petróleo produzidos na REPAR, para o Terminal Aquaviário de Paranaguá, localizado em Paranaguá/PR. Este oleoduto opera também em sentido inverso, transferindo derivados para complementar a demanda da região de influência da refinaria. O sentido da Refinaria para o Terminal é o sentido do fluxo e o sentido do Terminal para a Refinaria é o refluxo. (PETROBRAS, 2015)

A Figura 7 representa o fluxograma simplificado do oleoduto.



Figura 6 - Fluxograma simplificado do oleoduto.  
Fonte: Petrobras, 2015.

A faixa do oleoduto atravessa alguns municípios desde a sua origem, Araucária/PR, até o seu destino, Paranaguá/PR. O quadro 06 apresenta estes municípios e as distâncias percorridas em cada um deles:

| Local                | DF | km inicial | km final | Extensão | Limite      |
|----------------------|----|------------|----------|----------|-------------|
| Araucária            | PR | 000+000    | 001+173  | 1,2 km   | Rio Barigui |
| Curitiba             | PR | 001+173    | 009+705  | 8,5 km   | Rio Iguaçu  |
| São José dos Pinhais | PR | 009+705    | 044+959  | 35,5 km  | Rio Arraial |
| Morretes             | PR | 044+959    | 075+485  | 30,5 km  | Rio Jacaréi |
| Paranaguá            | PR | 075+485    | 093+761  | 18,3 km  |             |

Quadro 6 - Municípios atravessados pelo oleoduto.  
Fonte: Petrobras, 2015.

#### 2.4.1 Proteção Catódica

Segundo Durham e Durham, (2005 *apud* Mello et al, 2007), a corrosão de um equipamento metálico em contato com a terra é um fenômeno natural. Para controlar essa

corrosão, os mesmos elementos que causam a corrosão podem ser usados para controlá-la ou para proteger um material diferente.

A corrosão metálica é a perda de material resultante de uma corrente elétrica deixando um metal, atravessando algum meio e retornando ao metal em um ponto diferente. Essa corrente causa uma transformação química no metal, causando a sua oxidação. (DURHAM E DURHAM, 2005 *apud* MELLO et al, 2007).

Para existir corrosão, deve existir uma diferença de potencial entre dois metais ou entre duas partes do mesmo metal (formando o catodo e o anodo). Três possíveis configurações criam a diferença de potencial: dois metais diferentes no mesmo eletrólito, o mesmo metal em dois eletrólitos diferentes e alguma interferência externa. Num duto enterrado, dois tipos de solos diferentes agem como eletrólitos diferentes. (MELLO et al, 2007).

Segundo a NBR 15589/2011, o sistema de proteção catódica é sistema constituído de uma fonte de corrente contínua e um anodo, que se destinam a fornecer corrente de proteção para uma estrutura metálica. A proteção catódica é o processo de forçar um metal a ser mais negativo (catódico) que seu estado natural. Se o metal for suficientemente forçado negativamente, a corrosão cessará (DUTRA; NUNES, 1999 *apud* MELLO et al, 2007).

A proteção é obtida utilizando-se um material menos eletronegativo como material de sacrifício, ou através de uma densidade de corrente impressa no equipamento protegido tornando o material negativo. Deve existir um caminho completo para a energia elétrica da fonte negativa, à estrutura, através do eletrólito até o lado positivo da fonte, para que esse sistema funcione, conforme Figura 8 (DUTRA; NUNES, 1999 *apud* MELLO et al, 2007). A corrente de um sistema de proteção catódica deve ser projetada para proteger a tubulação metálica, possuindo a menor variação possível. (MISHRA et al, 2000 *apud* MELLO et al, 2007).

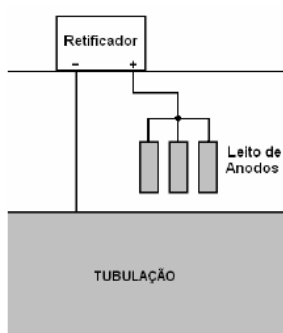


Figura 7 - Sistema de proteção catódica para duto.  
Fonte: Mello *et al* (2007)

## 2.4.2 Classe de Locação

A classe de locação é o critério fundamental para o cálculo da espessura de parede de gasodutos, para determinação da pressão de ensaio e a distribuição de válvulas intermediárias ao longo da faixa. Este critério é utilizado para a classificação de uma área geográfica de acordo com sua densidade populacional aproximada e em função da quantidade de construções para ocupação humana localizadas nesta área, sendo utilizada para propósitos de projeto, construção e operação. (ABNT, 2002).

Esta classificação se baseia na unidade de classe de locação que é uma área que se estende por 1600 m ao longo do eixo do duto e por 200 m para cada lado da tubulação, a partir de sua linha de centro, conforme Figura 9. (ABNT, 2002).

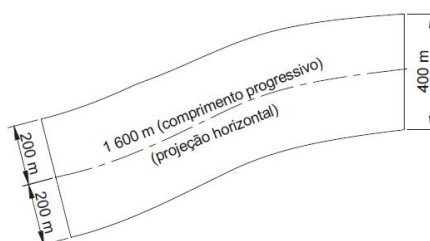


Figura 8 - Unidade de classe de locação.  
Fonte: ABNT (2002).

A classe de locação é determinada pelo número de edificações destinadas à ocupação humana, existentes em uma unidade de classe de locação. Este parâmetro traduz o grau de atividade humana capaz de expor o duto a danos causados pela instalação de infra-estrutura de serviços, tais como drenagem pluvial, esgoto sanitário, cabos elétricos e telefônicos, tráfegos rodoviário e ferroviário, entre outros. (ABNT, 2002).

A classe de locação 1 ocorre em regiões onde existam, dentro da unidade de classe de locação, até dez edificações unifamiliares destinadas à ocupação humana. A classe 2 ocorre em regiões onde existam mais de dez e menos de 46 edificações unifamiliares destinadas à ocupação humana. A classe 3 ocorre conforme os seguintes parâmetros:

- a) Caso existam, dentro da unidade de classe de locação, 46 ou mais edificações unifamiliares destinadas à ocupação humana;
- b) em regiões onde o duto se encontre a menos de 90 m de edificações que sejam ocupadas por 20 ou mais pessoas para uso normal, tais como: igrejas, cinemas, escolas, etc; locais em uma pequena e bem definida área externa, que abriguem 20 ou mais

peças em uso eventual, tais como áreas de recreação, campos de futebol, praças públicas, quadras de esporte, etc.

A classe de locação 4 ocorre em regiões onde haja, dentro da unidade de classe de locação, a predominância de edificações com quatro ou mais andares, incluindo o térreo, destinadas à ocupação humana. (ABNT, 2002).

Apesar da ABNT (2002) citar o uso da classe de locação especificamente para gasodutos, a PETROBRAS (2014), utiliza esta classificação com o objetivo de diferenciar periodicidades de inspeção para cada segmento de faixa de duto. Os segmentos de faixas de dutos devem ser classificados de acordo com a densidade populacional no seu entorno, usando a definição de classe de locação e os tipos de ambientes atravessados conforme o Quadro 7, devendo ser revista sempre que algum evento modificar as condições existentes na sua unidade de locação.

| Classificação | Grau de vulnerabilidade | Exemplo  |
|---------------|-------------------------|--|
| E1            | Baixa                   | Vazamentos sem repercussão ambiental, poças contidas em solo sem uso.                                  |
| E2            | Média                   | Área rural de uso agrícola. Vazamento sem possibilidade de atingir mananciais de abastecimento urbano. |
| E3            | Alta                    | Baias e região costeira de relevado interesse econômico e turístico.                                   |
| E4            | Crítica                 | Lençol freático ou manancial de abastecimento urbano, área de proteção ambiental.                      |

Quadro 7 - Classificação do tipo de ambiente para faixa de dutos.  
Fonte: Petrobras (2014).

A frequência mínima para inspeção de rotina é definida por trechos de faixa, de acordo com sua classe de locação e tipo de ambiente, conforme Quadro 8.

| Classe de Locação / Tipos de Ambiente | Classe 1      | Classe 2      | Classe 3  | Classe 4  |
|---------------------------------------|---------------|---------------|-----------|-----------|
| E1                                    | Quadrimestral | Quadrimestral | Mensal    | Quinzenal |
| E2                                    | Bimestral     | Bimestral     | Mensal    | Quinzenal |
| E3                                    | Mensal        | Mensal        | Quinzenal | Semanal   |
| E4                                    | Mensal        | Mensal        | Quinzenal | Semanal   |

Quadro 8 - Critério para definição de periodicidade de inspeção das faixas de dutos.  
Fonte: Petrobras (2014).

### 2.4.3 Causa de Acidentes em dutos

Segundo o Ministério do Meio Ambiente apud European Gas Industry Group - EGIG (2007), as principais causas de rupturas e vazamentos em dutos são classificadas nos seguintes tipos:

- a) *Interferência externa*: danos causados ao duto por escavações ou outros tipos de atividades, não autorizadas pela companhia operadora do duto;
- b) *Defeito de construção*: defeitos introduzidos no duto durante os processos de fabricação, construção e montagem do duto;
- c) *Corrosão*: redução da espessura da parede do duto devido a processo corrosivo, passível de ocorrer durante a operação do duto, causando a redução da sua resistência;
- d) *Movimentações de terra*: dano causado ao duto por conta de eventual deslizamento do terreno onde está assentado;
- e) *Alinhamento ou conexão errada*: erro humano de alinhamento ou conexão para manutenção.

Com base em dados de vazamentos em gasodutos operados por treze companhias europeias, no período de 1970 a 2002, os percentuais das causas de vazamentos estão apresentados no Quadro 9:

| Causa                         | Percentual |
|-------------------------------|------------|
| Interferência Externa         | 49,9%      |
| Defeito de Construção         | 16,7%      |
| Corrosão                      | 15,1%      |
| Deslizamento de Terra         | 7,1%       |
| Alinhamento ou Conexão Errada | 4,6%       |
| Outros e desconhecidos        | 6,7%       |

Quadro 9 - Principais causas de acidentes com dutos.  
Fonte: EGIG *apud* MMA (2007).

A elaboração da Análise Histórica de Acidentes, no contexto do estudo de análise de risco, tem a finalidade subsidiar a definição das frequências de acidentes de caráter aleatório em dutos, bem como as tipologias de cenários acidentais prováveis. Deverão ser reportadas as causas de falhas consideradas possíveis em dutos similares ao duto em análise. Os dados da análise histórica deverão ser consolidados com ao menos duas fontes de dados internacionalmente reconhecidos e específicos para o tipo de aplicação considerada. (IBAMA, 2013).

Segundo o IBAMA (2013), deverão constar na Análise Histórica de Acidentes as seguintes informações:

- Descrição dos modos de falha típicos para dutos;
- Participação da taxa por modo de falha;
- Taxa de falha para dutos de diferentes diâmetros;
- Estatísticas dos diferentes diâmetros dos furos observados em vazamentos;
- Tipologias acidentais prováveis, como por exemplo: vazamentos confinados, derrames em corpos d'água, incêndios e/ou explosões, etc.

Para se efetuar uma análise histórica de acidentes em oleodutos que manipulam grande quantidade de produtos derivados de petróleo, deve-se avaliar as fontes de dados existentes e as considerações que serão adotadas no estudo. As fontes de dados existentes podem ser nacionais ou internacionais e fornecem informações relativas a ocorrências de acidentes relacionando-as com suas respectivas causas e tipologia. Desta análise obtêm-se a expectativa de falhas de acidentes (taxa de falhas) que deverá ser aplicada nos estudos de análises quantitativas de risco. (HERCO, 2015).

A Europa dispõe de algumas entidades que avaliam periodicamente os acidentes envolvendo os dutos, apresentando relatórios estatísticos que subsidiam na estimativa de frequência, podendo-se destacar o CONCAWE e o UKOPA.

O CONCAWE – Conservation of Clean Air And Water in Europe - é uma organização europeia, criada em 1963, por um pequeno grupo de companhias de petróleo com o intuito de realizar estudos sobre questões ambientais relevantes para a indústria do petróleo, posteriormente ampliando-se para incluir a maioria das empresas que operam na Europa. Em 2018, o CONCAWE elaborou um relatório estatístico de desempenho dos oleodutos europeus sobre acidentes com vazamento, no período de 1971 a 2016. A análise inclui uma avaliação das tendências de curto e longo prazo no volume de vazamentos, os principais vazamentos e as tentativas de furto de produtos, que continuaram sendo a principal causa de vazamentos em 2016.

A UKOPA – United Kingdom Onshore Pipeline Operators Association – possui uma rede de oleodutos e gasodutos, operada pelas empresas membros, com mais de 27.000 km de extensão. Fundada em 1996, existe para fornecer a visão reconhecida e autorizada dos operadores de dutos do Reino Unido em questões estratégicas relacionadas à gestão de segurança, operações e gerenciamento de integridade de dutos de hidrocarbonetos. A entidade apresentou em fevereiro de 2018, o último relatório sobre incidentes de falha em dutos, entre 1962 e 2016, denominado “UKOPA Pipeline Product Loss Incidents and Faults Report (1962 – 2016)”.

### 3 METODOLOGIA

A pesquisa objetiva a produção de novos conhecimentos por meio da utilização de procedimentos científicos, contribuindo para a resolução dos problemas e processos do dia a dia nas mais diversas atividades humanas, no ambiente do trabalho, nas ações comunitárias, no processo de formação e outros. O conhecimento torna-se uma premissa para o desenvolvimento do ser humano e a pesquisa como a consolidação da ciência. (SILVA, 2008).

#### 3.1 PESQUISA POR DOCUMENTAÇÃO INDIRETA

Segundo Marconi e Lakatos (2003), uma pesquisa implica em levantamento de dados de várias fontes, independente do método ou da técnica utilizada, gerando conhecimentos que servem de embasamento para o campo de interesse, orientando, inclusive, para outras fontes de coleta. A pesquisa bibliográfica, coloca o pesquisador em contato direto com tudo o que foi escrito sobre determinado assunto.

Para a pesquisa bibliográfica deste trabalho, foram realizadas consultas em livros, normas internacionais e nacionais, monografias e procedimentos operacionais. Com esta pesquisa, foi possível dar sustentação teórica e direcionamento para o estudo de caso.

#### 3.2 PESQUISA POR DOCUMENTAÇÃO DIRETA

A documentação direta constitui-se no levantamento de dados onde ocorrem os fenômenos. A pesquisa de campo é utilizada para conseguir informações e/ou conhecimentos sobre um problema ou hipótese, que se queira respostas ou comprovações. A pesquisa de campo não deve ser confundida com uma simples coleta de dados, pois exige controles adequados e objetivos preestabelecidos que determinam o que deve ser coletado. (MARCONI & LAKATOS, 2003)

No Capítulo 2 foi apresentada a pesquisa referencial que reforçou as análises das informações, propiciando o exame e aprofundamento do tema. Na próxima etapa, realizou-se uma avaliação do estudo vigente com base nos termos de referência, sendo possível estabelecer os itens que precisavam ser revisados para a atualização da análise qualitativa. Os dados para atualização foram coletados e apresentados neste capítulo. Em seguida, foram elencados os parâmetros utilizados na análise quantitativa vigente e os solicitados nos termos de referência.

### 3.3 OBSERVAÇÃO DIRETA INTENSIVA

A observação é uma técnica de coleta de dados para conseguir informações, utilizando os sentidos na obtenção de determinados aspectos da realidade, examinando os fatos que se desejam estudar, sendo um elemento básico de investigação científica, utilizado na pesquisa de campo. A observação ajuda o pesquisador a identificar e obter provas sobre o seu objetivo, sobre os quais os indivíduos não tem consciência, mas que orientam seu comportamento. (MARCONI & LAKATOS, 2003).

Para este trabalho foi realizada a observação estruturada ou sistemática, caracterizada pelos meios utilizados, haja vista que foram coletados dados situacionais de áreas abrangidas pelo objeto de estudo, através da análise de imagens temporais, obtidas em programa computacional de modelagem.



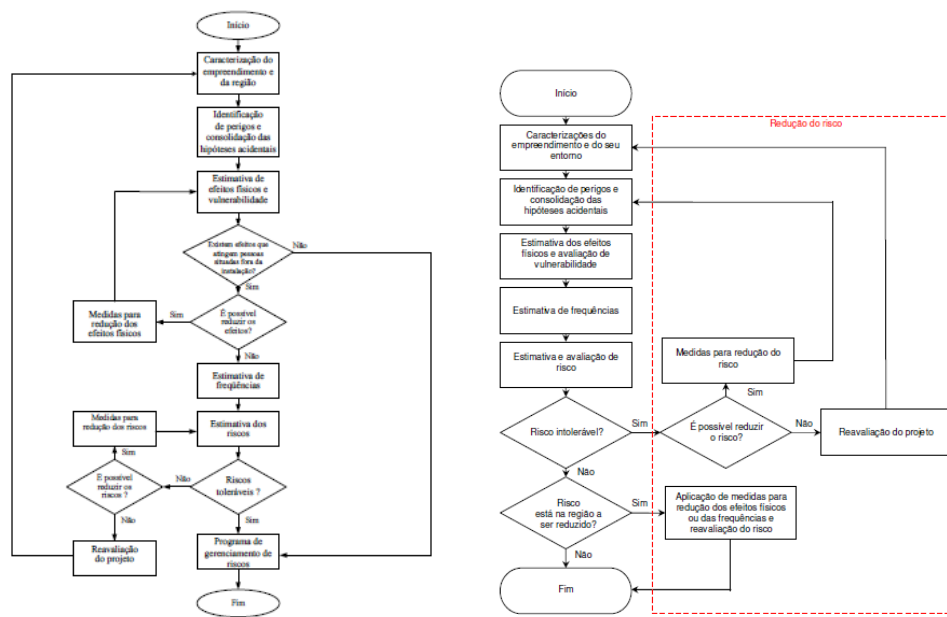
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentados os resultados da análise realizada no estudo de análise quantitativa de risco de um oleoduto em operação, objeto deste trabalho. O documento emitido em 2006, referido como EAR 2006, foi avaliado com base nos termos de referência do IBAMA e da CETESB.

O produto a ser apresentado no referido estudo de caso é a avaliação qualitativa do oleoduto, com a apresentação de uma APR atualizada. A atualização dos dados do duto, conforme solicitado nas normas, é a etapa principal a ser considerada na revalidação da análise de risco do oleoduto, sendo a APR a base para a o estudo completo.

O termo de referência para a elaboração do estudo de análise de risco para dutos foi a principal mudança na revisão da norma CETESB em 2011, criando uma metodologia para estas instalações, que diferem das demais unidades industriais por percorrerem grandes distâncias, atravessando áreas com aglomerados populacionais, travessias de corpos d'água, áreas de preservação ambiental, interferências elétricas, cruzamentos ou paralelismos com outros dutos, entre outros pontos de relevância para os estudos. Na revisão anterior, as metodologias eram voltadas para instalações e atividades consideradas perigosas, não havendo distinções entre elas.

A Norma CETESB revisada em 2011, apresentou alteração no fluxograma de orientação para a elaboração da análise de risco para dutos. É possível perceber mudança no enfoque do órgão, quando é solicitada a apresentação da avaliação de todos os riscos, para posteriormente avaliar a tolerabilidade e as medidas de redução dos possíveis riscos. Na revisão anterior da norma (2003), para cada grupo de etapas realizadas, era verificada a possibilidade de redução dos riscos, conforme Figura 10.



Fluxograma 2003

Fluxograma 2011

Figura 9 – Fluxogramas para elaboração de EAR, na revisão de 2003 e de 2011.

Fonte: CETESB (2003; 2011)

O IBAMA apresentou o primeiro termo de referência para polidutos de transporte em 2011, passando por diversas revisões até 2013, citando a norma CETESB P4.261/2011 como uma das legislações de referência.

As mudanças observadas na avaliação do estudo de análise quantitativa de risco do oleoduto, sob a luz destas novas legislações, serão apresentadas a seguir, de maneira sucinta, buscando apresentar os pontos divergentes e convergentes, para balizar a revalidação do referido estudo, a ser realizado posteriormente pela empresa responsável pelo equipamento.

#### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO E DO SEU ENTORNO

O IBAMA solicita dados socioeconômicos que possam influenciar nos estudos, não solicitado na norma CETESB. Quanto a caracterização do empreendimento, não foram observadas grandes alterações nas duas normas. Contudo, o nível de solicitação ficou mais criterioso em alguns itens, tais como:

a) **Substâncias químicas:** solicitado o fator de utilização anual de cada substância transportada no duto.

Os produtos químicos transportados no oleoduto são derivados claros de petróleo e álcool. A empresa não autorizou a divulgação dos dados no trabalho por motivo de segurança operacional. Contudo, os dados foram disponibilizados para consulta.

No EAR 2006 foram apresentados os produtos transportados no oleoduto, bem como o volume transferido entre os anos de 2003 a 2005.

b) **Instalações:** passou a ser solicitado a descrição dos pontos notáveis ao longo da faixa (aglomerados populacionais, travessias de corpos d'água, áreas de preservação ambiental, interferências elétricas, cruzamentos ou paralelismos com outros dutos).

No EAR 2006 foram apresentados os aglomerados populacionais e algumas indústrias de maior porte, conforme Quadro 10.

| km inicial | km final | Números de Habilitações | Classe de Locação Levantada | Descrição da Locação, Fatores Determinantes e Observações |
|------------|----------|-------------------------|-----------------------------|---|
| 000+000    | 001+600  | 2                       | 3                           | UEG - Usina Elétrica à Gás                                |
| 001+600    | 003+200  | +46                     | 3                           | Moradias Rio Bonito                                       |
| 003+200    | 004+800  | 15                      | 3                           | Subestação da Copel e Escola Municipal Km 003+850 km      |
| 004+800    | 006+400  | 6                       | 1                           | Área rural  |
| 006+400    | 008+000  | 33                      | 2                           | Umbará  |
| 008+000    | 009+600  | +46                     | 3                           | Umbará - Vila Calixto                                     |
| 009+600    | 012+800  | +46                     | 3                           | Bairro Cachoeira (km 011+200)                             |
| 012+800    | 019+200  | 22                      | 2                           | Área Rural - Chácaras e Lavouras                          |
| 019+200    | 020+800  | +46                     | 3                           | Jd Carmen I e II, Jd Fabíola e Aquários                   |
| 020+800    | 022+400  | 5                       | 3                           | Autódromo 21+100 km                                       |
| 022+400    | 028+800  | 20                      | 2                           | Mata - Corta Estrada Capão Grosso Km 31+700               |
| 028+800    | 032+000  | 4                       | 1                           | Fazenda Pena Branca/Fazenda S. Francisco de Assis         |
| 032+000    | 044+800  | 16                      | 2                           | Serra / Área Rural  |
| 044+800    | 062+400  | 8                       | 1                           | Igreja Deus é Amor km 063+000                             |
| 062+400    | 064+000  | 24                      | 3                           | Serra / Área Rural  |
| 064+000    | 068+800  | 5                       | 1                           | Área Rural  |
| 068+800    | 073+600  | 24                      | 2                           | Área Rural  |

Quadro 10 - Quadro resumo dos dados populacionais da faixa do oleoduto.  
Fonte: HERCO, 2006.

Foi realizada uma atualização dos pontos notáveis ao longo da faixa, levando em consideração os critérios solicitados pelas normas, conforme Tabela 01.

Tabela 1 - Atualização dos pontos notáveis da faixa do oleoduto.

| TRECHOS<br>(espessura)               | PRESSÕES                          | PONTOS NOTÁVEIS  | KM             | OBS   |
|--------------------------------------|-----------------------------------|--|----------------|---|
| 0+000 ao 3+500                       | 1394 mca (km 0+000 ao Km 49+000)  | LT 230 KV  | 0+220          |   |
|                                      |                                   | Unidade de Conservação Refúgio de Vida Silvestre - Reserva do Buglio | 1+350          |   |
|                                      |                                   | Rio Banqu  | 1+000          | Destino: Rio Iguaçu   |
|                                      |                                   | Loteamento Rio Bonito  | 1+200 ao 4+500 |   |
|                                      |                                   | VB 01  | 1+550          |   |
|                                      |                                   | Escola Ponto de Partida Junior                                       | 1+900          |   |
|                                      |                                   | Igreja Adventista do Sétimo Dia                                      | 2+050          |   |
|                                      |                                   | Igreja Ministério Gleade Tatuquara                                   | 2+080          |   |
|                                      |                                   | Cristo Vive - Igreja em Cálulas                                      | 2+050          |   |
|                                      |                                   | Comunidade Mãe Divina  | 2+350          |   |
|                                      |                                   | Providência (Igreja)   | 2+350          |   |
|                                      |                                   | LT 230 KV  | 2+360          |   |
|                                      |                                   | Instituto FORJA (escola)   | 2+750          |   |
|                                      |                                   | CMEI Lucia Zaner Demeterco   | 3+200          |   |
|                                      |                                   | LT 500 KV  | 3+550          |   |
|                                      |                                   | LT 230 KV  | 3+470          |   |
|                                      |                                   | Rua Del. Bruno de Almeida  | 3+838          |   |
|                                      |                                   | Colégio Estadual Guilherme Penna Netto                               | 3+838          |   |
|                                      |                                   | BR 116   | 4+500          |   |
|                                      |                                   | Eletrosul  | 4+500          |   |
|                                      |                                   | LT 525 KV  | 4+600          |   |
|                                      |                                   | LT 500 KV  | 4+750          |   |
|                                      |                                   | Rua Nicola Pellanda  | 6+600          |   |
|                                      |                                   | Via Calixto / Umbará   | 8+200 ao 9+700 |   |
|                                      |                                   | VB 02  | 8+900          |   |
|                                      |                                   | Rio Iguaçu   | 9+700          | Destino: Rio Paraná   |
|                                      |                                   | VB 03  | 10+300         |   |
|                                      |                                   | Posto de Saúde Cachoeira   | 11+900         |   |
|                                      |                                   | Escola Municipal Francisco Xavier da Silva                           | 11+900         |   |
|                                      |                                   | Igreja Católica Nossa Senhora dos Milagres                           | 11+950         |   |
|                                      |                                   |  | 11+100 ao      |   |
|                                      |                                   | Cachoeira  | 12+600         |   |
|                                      |                                   | LT 230 KV  | 13+200         |   |
|                                      |                                   | Jd. Carmem / Jd. Aquarius / Autódromo                                | 18+700 ao      |   |
|                                      |                                   |  | 22+100         |   |
|                                      |                                   | Rio Guarnim  | 18+900         | Destino: Rio Miringuava / Rio Iguaçu  |
|                                      |                                   | Igreja da Paz Jd. Carmem   | 19+300         |   |
|                                      |                                   | CMEI Bem-te-vi Crescer   | 19+400         |   |
|                                      |                                   | BR - 376   | 20+115         |   |
|                                      |                                   | Posto O Cupim (Norte)  | 20+180         |   |
|                                      |                                   | Fragiflora Argus   | 21+000         |   |
|                                      |                                   | VB 04  | 24+300         |   |
|                                      |                                   | Rua João Lipinski  | 24+386         |   |
|                                      |                                   | LT 525 KV  | 24+400         |   |
|                                      |                                   | Rio Miringuava   | 27+300         | Destino: Rio Iguaçu   |
|                                      |                                   | Estrada das Gamelas  | 28+080         |   |
|                                      |                                   | Rua João Maiczak   | 30+340         |   |
|                                      |                                   | Rua Caramuru   | 31+750         |   |
| VB 05                                | 34+100                            |  |                |   |
| Rio Taboão                           | 36+015                            | Destino: Rio Pequeno   |                |   |
| 3+500 ao 7+000                       | 1760 mca (km 49+000 ao Km 57+000) | Encosta Monitorada Km 39   | 39+900         |   |
|                                      |                                   | Rio Arraial  | 44+930         | Destino: Represa Guaricana, Rio Cubatão Baía de Guaratuba                       |
|                                      |                                   | Encosta Monitorada Km 45   | 45+400         |   |
|                                      |                                   | LT 230 KV  | 45+820         |   |
|                                      |                                   | BR - 277   | 46+400         | Destino: Ribeirão do Rasgado, Rio do Pinto, Rio Nhundiaguara, Baía de Paranaguá |
|                                      |                                   | Rio Fortuna  | 47+500         |   |
|                                      |                                   | LT 230 KV  | 47+870         |   |
|                                      |                                   | VB 06  | 48+100         |   |
|                                      |                                   | Rio da Serra   | 49+910         | Destino: Ribeirão do Rasgado, Rio do Pinto, Rio Nhundiaguara, Baía de Paranaguá |
|                                      |                                   | LT 230 KV  | 50+930         |   |
|                                      |                                   | LT 230 KV  | 51+400         |   |
|                                      |                                   | VB 07  | 52+180         |   |
|                                      |                                   | Rio dos Padres   | 52+555         | Destino: Ribeirão do Rasgado, Rio do Pinto, Rio Nhundiaguara, Baía de Paranaguá |
|                                      |                                   | Encosta Monitorada Km 53   | 53+900         |   |
|                                      |                                   | VB 08  | 53+900         |   |
|                                      |                                   | Rio Ribeirão do Rasgado  | 54+113         | Destino: Rio do Pinto, Rio Nhundiaguara, Baía de Paranaguá                      |
|                                      |                                   | Encosta Monitorada Km 54   | 54+200         |   |
|                                      |                                   | Encosta Monitorada Km 55   | 55+100         |   |
|                                      |                                   | Encosta Monitorada Km 55   | 55+600         |   |
|                                      |                                   | Encosta Monitorada Km 56   | 56+800         |   |
|                                      |                                   | Encosta Monitorada Km 57   | 57+200         |   |
|                                      |                                   | Encosta Monitorada Km 58   | 58+600         |   |
|                                      |                                   | Encosta Monitorada Km 59   | 59+330         |   |
|                                      |                                   | Encosta Monitorada Km 60   | 60+800         |   |
|                                      |                                   | Rod. Miguel Bufara - PR 804  | 63+400         |   |
|                                      |                                   | Encosta Monitorada Km 64   | 64+600         |   |
|                                      |                                   | Encosta Monitorada Km 66   | 66+100         |   |
|                                      |                                   | Encosta Monitorada Km 66   | 66+350         |   |
|                                      |                                   | Encosta Monitorada Km 66   | 66+500         |   |
|                                      |                                   | VB 09  | 67+800         |   |
|                                      |                                   | PR - 408   | 67+900         |   |
|                                      |                                   | Rio Sagado   | 68+100         | Destino: Baía de Paranaguá  |
| Rio Sambaqui                         | 68+300                            | Destino: Baía de Paranaguá   |                |   |
| LT 230 KV                            | 69+660                            |  |                |   |
| LT 138 KV                            | 69+800                            |  |                |   |
| Rio Saquarem                         | 72+175                            | Destino: Baía de Paranaguá   |                |   |
| Encosta Monitorada Km 73             | 73+200                            |  |                |   |
| Rio Jacaré                           | 75+470                            | Destino: Baía de Paranaguá   |                |   |
| Rio das Pedras                       | 75+665                            | Destino: Baía de Paranaguá   |                |   |
| Atorno Sanitário                     | 77+000                            |  |                |   |
| VB 10                                | 81+230                            |  |                |   |
| Alexandra                            | 81+500 ao                         |  |                |   |
| Estrada Velha de Alexandra           | 82+000                            |  |                |   |
| Famosta Alexandra / Paranaguá (RUMO) | 82+050                            |  |                |   |
| Rio Ribeirão                         | 82+700                            | Destino: Baía de Paranaguá   |                |   |
| VB 11                                | 89+900                            |  |                |   |
| Baía Paranaguá                       | 90+500                            |  |                |   |

Fonte: Autor, 2018.

Também passou a ser exigido a apresentação das profundidades do duto e método utilizado na instalação do mesmo, indicando localização e extensão.

No EAR 2006, foi apresentado a espessura e os diâmetros interno da tubulação, dividido por trechos. A empresa não autorizou a divulgação dos dados no trabalho por motivo de segurança operacional. Contudo, os dados foram disponibilizados para consulta.

c) **Classe de locação:** foi apresentado no EAR 2006, mas encontra-se desatualizado, devido a dinâmica de crescimento populacional.

O Quadro 12 apresenta um comparativo dos dados apresentados no EAR 2006 e da última versão disponível na empresa, realizada em 2013. A quantificação das habitações, realizada em 2018, levou em consideração 200 metros para cada lado ao longo da faixa do duto e foi realizada como contagem aproximada, através das imagens disponíveis no Google Earth.

Tabela 2 - Comparativo entre a classe de locação apresentada em 2006 e a última revisão disponibilizada pela Empresa, em 2013.

| Km Inicial | Km Final | Número de habitações 2018 | Classe de Locação em 2013 | Número de habitações 2006 | Classe de Locação em 2006 | Descrição                   |
|------------|----------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| 0+000      | 1+173    | 2                         | 1                         | 2                         | 3                         | UEG - Usina Elétrica de Gás |
| 1+200      | 4+500    | >2200                     | 3                         | 295                       | 3                         | Rio Bonito                  |
| 4+500      | 8+100    | >80                       | 2                         | 6 (4+800 ao 6+400)        | 1                         | Umbará / Rural              |
|            |          |                           |                           | 33 (6+400 ao 8+000)       | 2                         |                             |
| 8+200      | 9+700    | 180                       | 3                         | 170                       | 3                         | Umbará - Vila Calixto       |
| 9+800      | 11+000   | 48                        | 2                         | 77                        | 3                         | Rural                       |
| 11+100     | 12+600   | 118                       | 3                         |                           |                           | Cachoeira                   |
| 12+700     | 17+000   | 60                        | 2                         |                           |                           | 22                          |
| 17+100     | 18+400   | 12                        | 1                         |                           |                           |                             |
| 18+500     | 18+600   | 12                        | 2                         |                           |                           |                             |
| 18+700     | 22+100   | >900                      | 3                         | 299                       | 3                         |                             |
| 22+100     | 22+200   | 10                        | 2                         | 25 (20+800 ao 28+800)     | 2                         | Rural / Colônia Murici      |
| 22+300     | 62+400   | 130                       | 1                         | 04 (28+800 ao 32+000)     | 1                         | Rural / Serra               |
|            |          |                           |                           | 16 (32+000 ao 44+800)     | 2                         |                             |
|            |          |                           |                           | 8 (44+800 ao 62+400)      | 1                         |                             |
| 62+500     | 63+800   | 40                        | 2                         | 24                        | 3                         | Rural                       |
| 63+900     | 81+000   | 90                        | 1                         | 5 (64+000 ao 68+800)      | 1                         | Rural                       |
|            |          |                           |                           | 24 (68+800 ao 72+000)     | 2                         |                             |
|            |          |                           |                           | 1 (72+000 ao 73+600)      | 1                         |                             |
|            |          |                           |                           | 11 (73+600 ao 75+200)     | 3                         |                             |
|            |          |                           |                           | 1 (75+200 ao 80+000)      | 1                         |                             |
| 81+100     | 81+400   | 35                        | 2                         | 110 (80+000 ao 83+200)    | 3                         | Rural / Alexandra           |
| 81+500     | 82+500   | 180                       | 3                         |                           |                           | Comunidade Alexandra        |
| 82+600     | 90+400   | 37                        | 1                         | 6 (83+200 ao 86+400)      | 1                         | Rural / Embocuí             |
|            |          |                           |                           | 18 (86+400 ao 88+000)     | 2                         |                             |
|            |          |                           |                           | 5 (88+000 ao 91+200)      | 1                         |                             |
|            |          |                           |                           | 0 (91+200 ao 93+761)      | 1                         |                             |

Fonte: Autor (2018).

É possível observar que não houveram grandes alterações das classes de locação nos trechos listados. A principal alteração está na quantidade de habitações, que teve acréscimo considerável nestes últimos 12 anos e que influencia nos cálculos da análise de risco quantitativa. Isso acontece devido ao critério de classificação da classe de locação, utilizada internacionalmente e referendada pelo Brasil, na norma NBR 12712/2002. As figuras 11, 12, 13, 14, 15 e 16 permitem uma melhor comparação do incremento populacional ao longo da faixa:

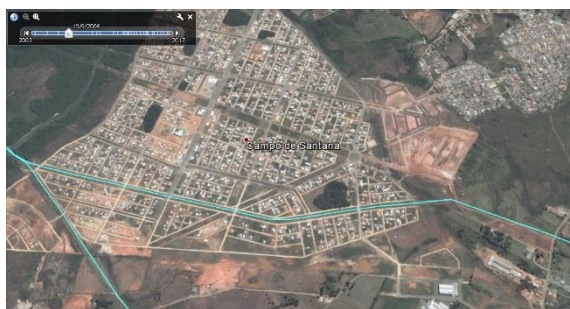


Figura 10 - Loteamento Rio Bonito, Curitiba/PR 2006.  
Fonte: Google Earth.

Observa-se na Figura 11 que em 2006, o Loteamento Rio Bonito apresentava poucas casas ao longo da faixa do oleoduto.

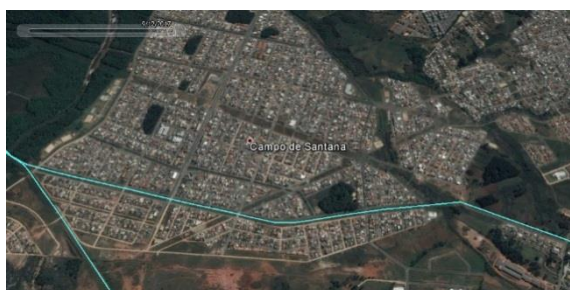


Figura 11 - Loteamento Rio Bonito, Curitiba/PR 2017.  
Fonte: Google Earth.

Em 2017, o Loteamento Rio Bonito apresentou crescimento populacional considerável, principalmente nas adjacências a faixa de dutos, conforme Figura 12.

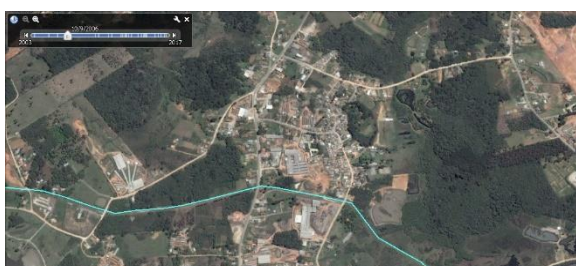


Figura 12 - Vila Calixto, Curitiba/PR, 2006.  
Fonte: Google Earth.

A Vila Calixto em 2006, era uma área com características rurais, com poucos núcleos residenciais, conforme Figura 13.

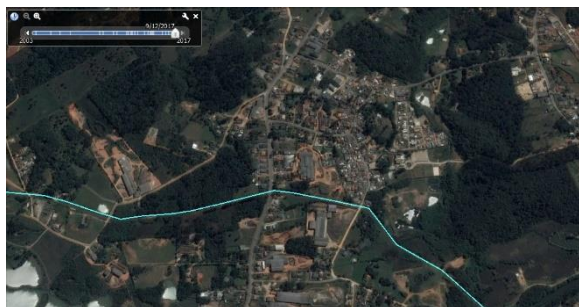


Figura 13 - Vila Calixto, Curitiba/PR 2017.  
Fonte: Google Earth.

Conforme Figura 14, houve um incremento populacional na Vila Calixto, considerando-se os 200 metros a partir do eixo da faixa de dutos.



Figura 14 - Jd. Carmem / Jd. Aquarius / Autódromo, São José dos Pinhais/PR, 2006.  
Fonte: Google Earth.

Na Figura 15, é possível observar que as áreas ao longo da faixa de dutos apresentavam baixa densidade demográfica, apesar dos loteamentos estarem em construção, indicando que haveria um incremento populacional.

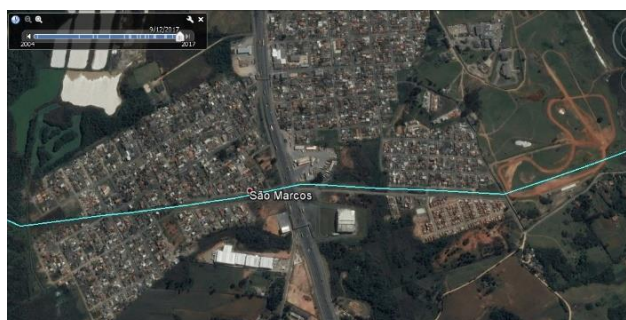


Figura 15 - Jd. Carmem / Jd. Aquarius / Autódromo, São José dos Pinhais/PR, 2017.  
Fonte: Google Earth.

Na Figura 16, é possível observar o crescimento populacional da área, após a implantação dos loteamentos.

d) **Sistema de proteção contra corrosão:** passou-se a solicitar a informação do tipo de proteção utilizada e localização dos PTE's (Ponto de Teste Eletrolítico), que não foi apresentado no EAR 2006.

Os tubos que formam os dutos são revestidos externamente com material anticorrosivo, enquanto as juntas de campo, onde foi realizada a solda, são revestidas com fita de polietileno. O conjunto forma uma cobertura contínua sobre os tubos, evitando a corrosão do material.

A proteção catódica permite o controle da corrosão do duto que, estando enterrado, está sujeito as condições agressivas do solo, da água ou de outro eletrólito. O sistema é do tipo corrente impressa e a supervisão é realizada através da verificação periódica do funcionamento de seus retificadores e da medição periódica do potencial tubo-solo, nos 30 pontos de teste eletrolítico (PTE) e na chegada ou na saída da refinaria e do terminal. O sistema de proteção catódica possui 03 retificadores que estão distribuídos ao longo da faixa, acoplados a leitos constituídos de anodos de ferro-silício-cromo, instalados em camisas cheias com moinha de coque metalúrgico.

e) **Tipos de proteção mecânica:** passou-se a solicitar o tipo de proteção, localização e extensão (contenções, encamisamento do duto, placas de concreto, entre outros), que não foi apresentado no EAR 2006.

O oleoduto recebe uma proteção mecânica com revestimento em concreto, instalação de tubo camisa e colocação de placas de concreto envolvendo o duto, nos cruzamentos com rodovias, avenidas, etc. Recebe ainda, revestimento com dupla espessura, nos trechos alagados permanentemente e nas travessias dos rios.

f) **Parâmetros de monitoração:** informar sistema de monitoração com parâmetros acompanhados, elementos de detecção, controle e atuação, bem como localização do centro de controle, que não foi apresentado no EAR 2006.

O oleoduto em estudo, opera com controle do tipo centralizado, através de um centro nacional de controle, com as instalações de medição e controle do duto operadas através de um sistema de supervisão localizado no Rio de Janeiro, com o monitoramento das variáveis de processo em tempo real. Este centro nacional tem a função de operar, controlar e supervisionar remotamente o duto, visualizando todo trajeto do escoamento de produtos. Em condições normais de operação, não existe intervenção local do operador. Havendo algum tipo de



intercorrência, existem 11 válvulas de bloqueio ao longo da faixa do oleoduto, que são acionadas por profissionais locais.

g) **Faixa de duto:** indicar largura, sinalização e critério de instalação, que não foi apresentado no EAR 2006.

A faixa de servidão do oleoduto é de 20,0 metros de largura por 94 km de extensão. A sinalização segue padronização de norma interna específica, N 2200, com as seguintes considerações:

- As faixas e áreas de domínio devem ser identificadas e sinalizadas com marcos e placas;
- Visando à segurança na inspeção aérea, nos cruzamentos aéreos de linhas de transmissão de energia elétrica com a faixa de dutos, deve ser instalada sinalização de advertência na linha de transmissão;
- Para a demarcação dos limites da faixa de dutos, devem ser instalados pares de marcos nas suas laterais, atendendo aos seguintes critérios:
  1. Em qualquer ponto sobre a lateral da faixa deve ser visualizado o primeiro marco posterior e o primeiro anterior, estando a projeção da visada sobre essa lateral ou contida no interior da faixa;
  2. Em todos os pontos de inflexão horizontal (vértice) da faixa;
  3. Os limites máximos de espaçamentos devem ser de 200 m para áreas rurais e 50 m para áreas urbanas;
  4. Nos cruzamentos e travessias deve ser instalado um par de marcos de cada lado;
- Devem ser instalados marcos indicadores de distância a cada quilômetro desenvolvido da faixa;
- As placas de sinalização devem ser instaladas em:
  1. Cruzamento com estradas, ruas e ferrovias;
  2. Cruzamento com estradas e ruas com possibilidade de acesso de veículos motorizados à faixa;
  3. Cruzamento com outros dutos ou cabos;
  4. Travessias de rios, canais e lagos, em ambas as margens.



Figura 16 - Faixa de dutos em área urbana.  
Fonte: Arquivos Transpetro (2017)<sup>6</sup>.

A Figura 17 representa uma faixa de servidão cruzando uma área urbana, que corresponde a aproximadamente 10% do total da faixa do oleoduto em estudo.



Figura 17 - faixa de dutos em área rural.  
Fonte: Arquivos Transpetro (2017)<sup>7</sup>.

A Figura 18, representa uma faixa de servidão cruzando uma área rural, que corresponde a aproximadamente 90% do total da faixa do oleoduto em estudo.

h) **Gradiente hidráulico:** passou-se a solicitar a apresentação de gráfico do perfil hidráulico do sistema, com curvas de pressão para cada substância transportadas.

No EAR 2006 foi apresentado o gradiente hidráulico do duto, sem as curvas de pressão por substância transportada. A empresa não autorizou a divulgação dos dados no trabalho por motivo de segurança operacional. Contudo, os dados foram disponibilizados para consulta;

---

<sup>6</sup> Imagem fornecida à autora pela Tranpetro.

<sup>7</sup> Imagem fornecida à autora pela Transpetro.

i) **Caracterização das condições meteorológicas:** houve uma alteração no valor a ser adotado para a temperatura do solo, devendo ser considerado 30°C, no período diurno e 20°C, no período noturno.

No EAR 2006, a orientação era considerar temperatura do solo como sendo 5°C acima da temperatura ambiente.

## 4.2 IDENTIFICAÇÃO DOS PERIGOS

I. Para a estimativa de frequência, serão apresentados estatísticas e gráficos referentes a pesquisa documental realizada nos bancos de dados internacionais do CONCAWE e do UKOPA. Foram extraídos dos referidos relatórios os dados mais relevantes, considerando as similaridades com o oleoduto em estudo.

### a) CONCAWE

1) A Figura 19 apresenta a distribuição dos acidentes po ano, ocorridos no período de 1971 a 2016, a média e a tendência nos últimos 5 anos.

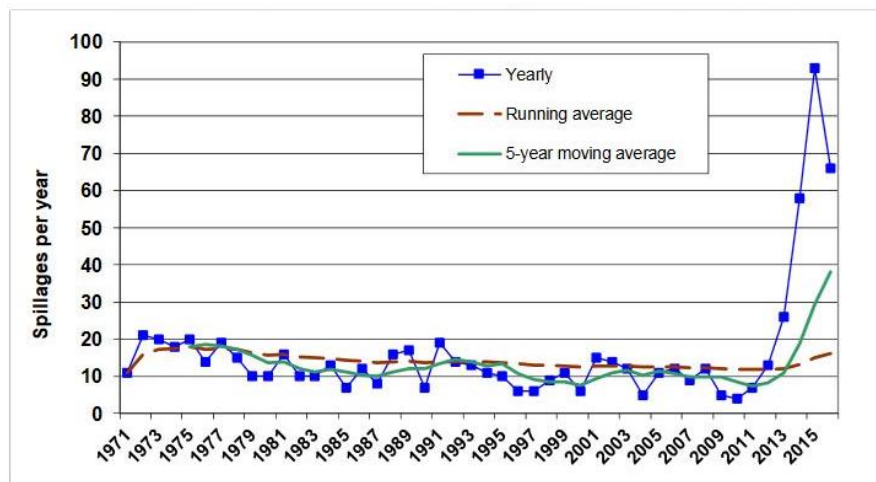


Figura 18 – Tendência do número de acidentes com derrames, por ano (1971 a 2016).  
Fonte: CONCAWE (2018).

Percebe-se um tendência de queda no total de vazamentos por ano, a partir de 2015, mostrando a preocupação da indústria com a integridade das tubulações, alterando uma tendência ascendente em 2012 com o aumento no furto de produtos.

2) A frequência de acidentes registrados por ano por 1000 km de duto é apresentado na Figura 20:

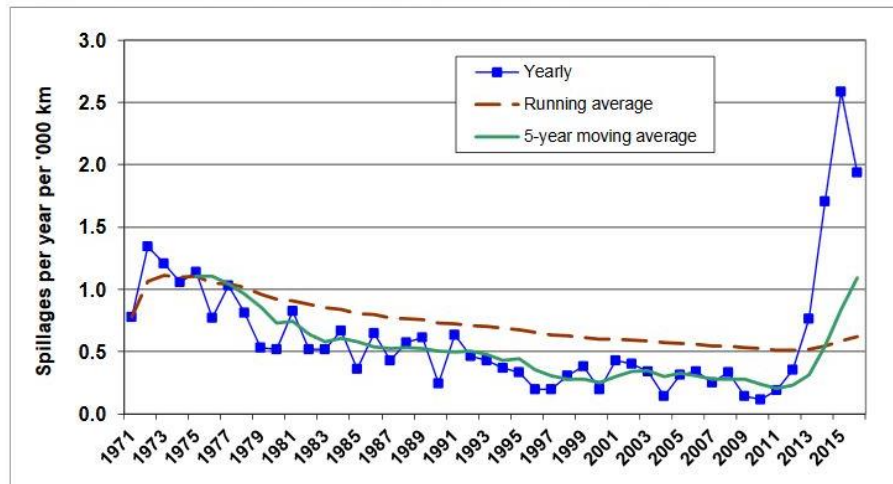


Figura 19 - Frequência de acidentes por 1000 km de duto (1971 a 2016).  
Fonte: CONCAWE (2018).

A Figura 20 mostra que, considerando o furto de combustíveis, a frequência média dos vazamentos é de 1,09. Se não forem levados em consideração, a frequência apresenta uma queda de 1,1 na década de 70, para 0,18 em 2016.

3) A frequência de vazamentos por causa é apresentada no Gráfico 2:

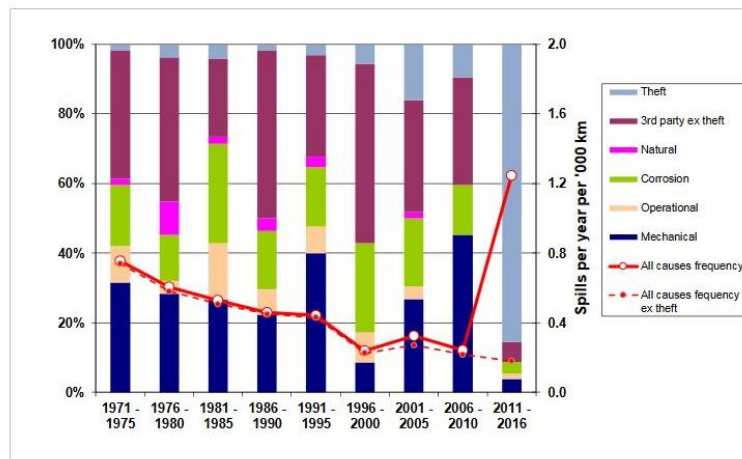


Figura 20 – Frequência de vazamentos de dutos por causa.  
Fonte: CONCAWE (2018).

Observa-se que os furtos de produtos tem sido a causa predominante de vazamentos, havendo uma diminuição gradual em todos os outros modos de falha.

4) A Figura 22 apresenta o volume derramado por modo de falha.

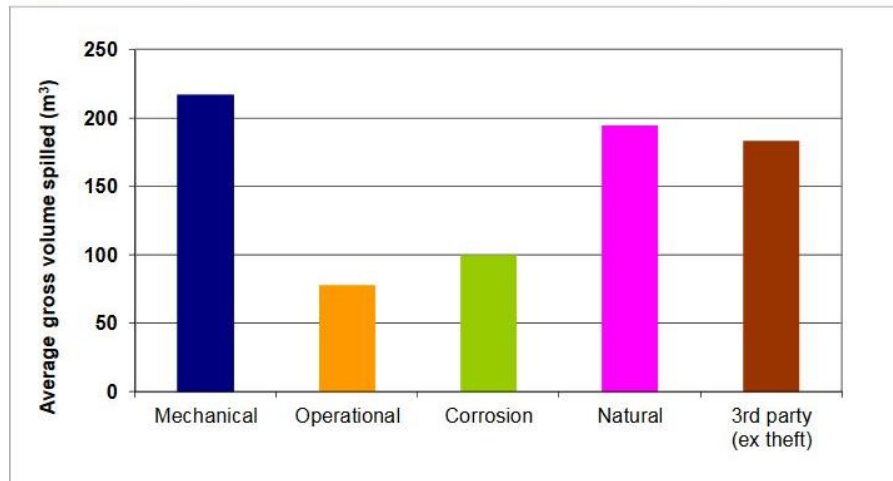


Figura 21 – Volume vazado por causa.  
Fonte: CONCAWE (2018).

Observa-se que maiores vazamentos resultaram de falhas mecânicas, atividades de terceiros e fenômenos naturais.

5) A Figura 23 apresenta a frequência de vazamentos por diâmetro do duto:

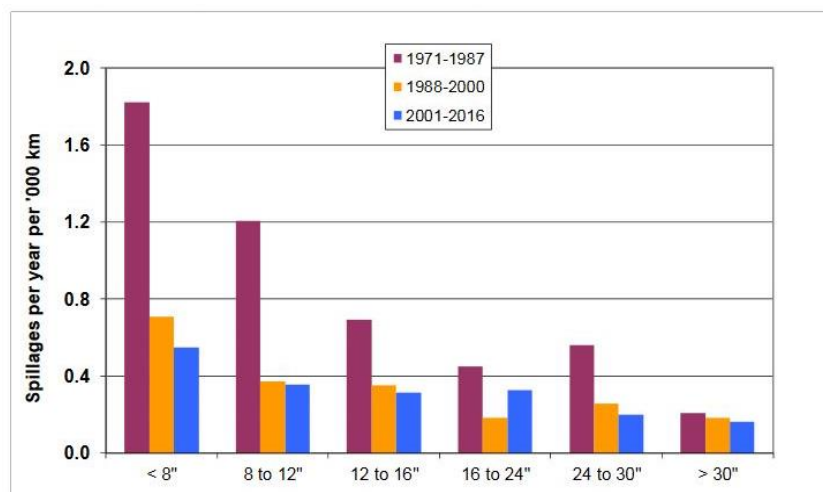


Figura 22 – Frequência de vazamento por diâmetro do duto.  
Fonte: CONCAWE (2018).

Tubulação com diâmetros inferiores a 12", são mais propensas a desenvolverem vazamentos. Contudo, o motivo não é possível determinar com os dados disponíveis.

6) A Figura 24 apresenta a forma como a ocorrência de vazamento foi detectada:

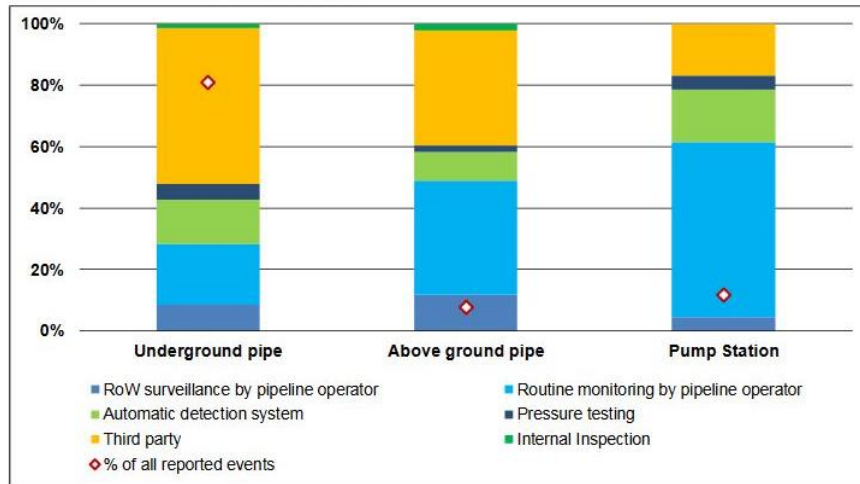


Figura 23 – Forma de detecção do vazamento.  
Fonte: CONCAWE (2018).

Em tubulações enterradas, observa-se que a maioria dos acidentes foram detectados por terceiros, seguido pelo detecção automática do sistema.

7) A Figura 25 apresenta a distribuição das principais causas de vazamento:

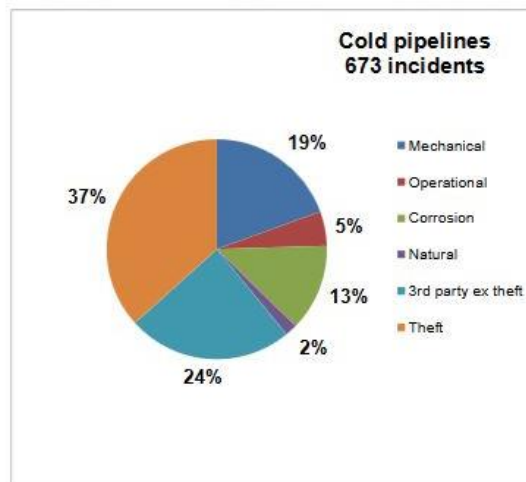


Figura 24 - Distribuição das principais causas de vazamento.  
Fonte: CONCAWE (2018).

Os furtos de combustível corresponderam a 37% dos 673 vazamentos ocorridos no período de 1971 a 2016, seguidos de interferências não autorizadas de terceiros e falhas mecânicas.

b) UKOPA

1) A Figura 26 apresenta os dados referente a acidentes com perda de produto:

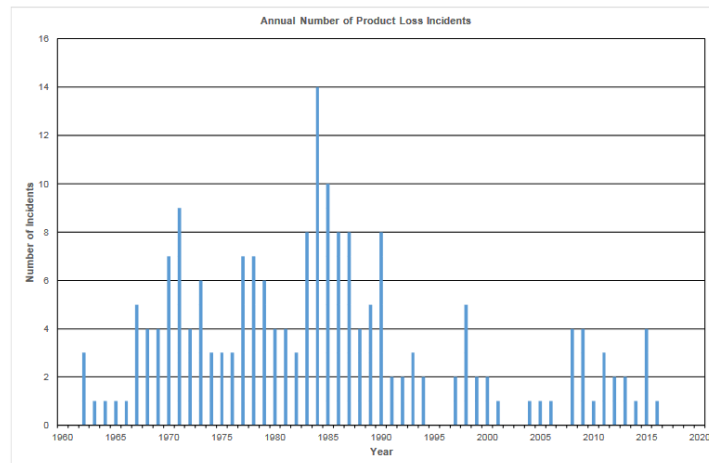


Figura 25 - Acidentes com perda de produto.  
Fonte: UKOPA (2018).

Entre 1962 e 2016, ocorreram 197 incidentes com perda de produto, não tendo sido registrado nenhum incidente com perda de produto antes de 1962.

2) O Quadro 11 apresenta os dados referentes a incidentes com ignição:

| Affected Component | Cause of Fault     | Hole Diameter Class | Date |
|--------------------|--------------------|---------------------|------|
| Pipe               | Pipe Defect        | 0 - 6 mm            | 1963 |
| Bend               | Internal Corrosion | 0 - 6 mm            | 1969 |
| Pipe               | Girth Weld Defect  | 6 - 20 mm           | 1970 |
| Bend               | Pipe Defect        | 6 - 20 mm           | 1971 |
| Pipe               | Unknown            | 6 - 20 mm           | 1972 |
| Pipe               | Ground Movement    | Full Bore           | 1984 |
| Pipe               | Other              | 40 - 110 mm         | 1991 |
| Pipe               | Seam Weld Defect   | 0 - 6 mm            | 1994 |
| Pipe               | Lightning Strike   | 0 - 6 mm            | 1998 |

Quadro 11 - Acidentes com ignição.  
Fonte: UKOPA (2018).

Apenas nove (4,6%) dos 197 incidentes com perda de produto resultaram em ignição no período.

3) A frequência de incidentes durante onze períodos consecutivos de 5 anos até o final de 2016 é mostrado no Quadro 12:

| Period       | Number of Incidents | Total Exposure [km.yr] | Frequency [Incidents per 1000 km.yr] |
|--------------|---------------------|------------------------|--------------------------------------|
| 1952 – 1961  | 0                   | 3,740                  | 0.000                                |
| 1962 – 1966  | 7                   | 12,245                 | 0.572                                |
| 1967 – 1971  | 29                  | 40,942                 | 0.708                                |
| 1972 – 1976  | 19                  | 65,961                 | 0.288                                |
| 1977 – 1981  | 28                  | 80,055                 | 0.350                                |
| 1982 – 1986  | 43                  | 88,689                 | 0.485                                |
| 1987 – 1991  | 27                  | 93,951                 | 0.287                                |
| 1992 – 1996  | 7                   | 100,593                | 0.070                                |
| 1997 – 2001  | 12                  | 103,830                | 0.116                                |
| 2002 – 2006  | 3                   | 110,457                | 0.027                                |
| 2007 – 2011  | 12                  | 111,460                | 0.108                                |
| 2012 – 2016  | 10                  | 115,428                | 0.087                                |
| <b>TOTAL</b> | <b>197</b>          | <b>927,351</b>         | <b>0.212</b>                         |

Quadro 12 - Frequência de incidentes a cada 5 anos.  
Fonte: UKOPA (2018).

4) A frequência geral de incidentes por tamanho do orifício de liberação, é mostrado no Quadro 13:

| Equivalent Hole# Size Class | Number of Incidents | Frequency [Incidents per 1000 km.yr] |
|-----------------------------|---------------------|--------------------------------------|
| Full Bore* and Above        | 8                   | 0.009                                |
| 110 mm – Full Bore*         | 3                   | 0.003                                |
| 40 mm – 110 mm              | 7                   | 0.008                                |
| 20 mm – 40 mm               | 24                  | 0.026                                |
| 6 mm – 20 mm                | 32                  | 0.035                                |
| 0 – 6 mm                    | 121                 | 0.130                                |
| Unknown                     | 2                   | 0.002                                |
| <b>TOTAL</b>                | <b>197</b>          | <b>0.212</b>                         |

Quadro 13 - Frequência de incidentes pelo tamanho do orifício de liberação.  
Fonte: UKOPA (2018).

Observa-se que o tamanho até 6 mm corresponde ao maior número de acidentes, com uma frequência de 0,130.

5) O número de incidentes com perda de produto por causa é mostrado no Quadro 14:

| Product Loss Cause    | No. of Incidents | %age of Total |
|-----------------------|------------------|---------------|
| External Corrosion    | 42               | 21.3          |
| External Interference | 43               | 21.8          |
| Ground Movement       | 7                | 3.6           |
| Internal Corrosion    | 2                | 1.0           |
| Girth Weld Defect     | 36               | 18.3          |
| Pipe Defect           | 13               | 6.6           |
| Seam Weld Defect      | 3                | 1.5           |
| Other                 | 44               | 22.3          |
| Unknown               | 7                | 3.6           |
| <b>TOTAL</b>          | <b>197</b>       | <b>100</b>    |

Quadro 14 - causa dos incidentes.  
Fonte: UKOPA (2018).

A categoria “outros” contempla falhas como craqueamento interno, solda para encaixe dos tubos, vazamentos em braçadeiras, entre outros, que, conforme UKOPA, representam 84% (37 de um total de 44) dos incidentes registrados nesta categoria e dizem respeito a gasodutos



construídos antes de 1970, não sendo relevantes para os oleodutos projetados, construídos e operados de acordo com os padrões atuais.

Dos dados apresentados, interferência de terceiros é a principal causa dos incidentes, com 21,8%, seguida de corrosão externa com 21,3%. A Figura 27 mostra a frequência de incidentes de perda de produto por causa, no período de 1962 a 2016, em comparação com a frequência nos últimos 5 anos (2012 - 2016).

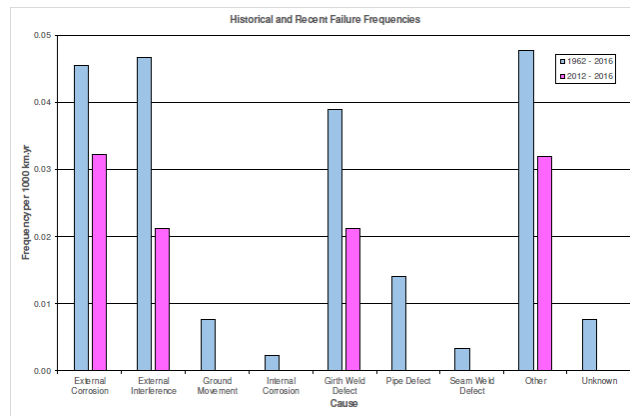


Figura 26 - Frequência de incidentes por causa.  
Fonte: UKOPA (2018).

Observa-se que nos últimos 5 anos houve uma queda na frequência de incidentes por ação de terceiros, sendo ultrapassada pela corrosão externa.

A análise histórica de acidentes foi apresentada para cumprimento de exigências do IBAMA e da CETESB e os dados servirão de base para a elaboração da APR, que será apresentada a seguir. No EAR 2006, não foi apresentada a referida análise histórica de acidentes.

II. No EAR 2006, foi apresentado uma APP (Análise Preliminar de Perigo), onde o oleoduto foi dividido em seis trechos onde havia diferença de pressão significativa, conforme a Figura 28:

| Sentido | Trechos |
|---------|---------|
| FLUXO   | I       |
|         | II      |
|         | III     |
| REFLUXO | IV      |
|         | V       |
|         | VI      |

Figura 27 – Sentido de transporte dos produtos.  
Fonte: HERCO, 2006.

Levando em consideração os dados atualizados até esta etapa, foi realizada uma nova Análise Preliminar de Risco (APR) do oleoduto, mais adequada ao cenário atual, condizente com as normas da empresa e com as normas dos órgãos ambientais.

A APR proposta foi elaborada com os critérios estabelecidos na Norma Petrobras N-2782 - Técnicas Aplicáveis à Análise de Riscos Industriais, revisão D, ano 2015.

De acordo com a N-2782, para categorização de riscos, a matriz de tolerabilidade de riscos a ser utilizada é apresentado no Quadro 15 e 16:

| Categorias de Severidade de Consequências | Descrição / características  | Categorias de frequência   |   |  |   |   |
|---|--|--|---|--|---|---|
|   |  | A<br>Extremamente<br>raramente                                       | B<br>Raramente                              | C<br>Pouco<br>provável   | D<br>Provável   | E<br>Frequente  |
| V<br>Catastrófica                         | Múltiplas instalações industriais ou unidades de estruturas (ver Nota 1)<br>Danos severos podendo levar à perda de instalação industrial | Imagem   | Processos mas sem interferência no ambiente | Não esperado ocorrer durante a vida útil de um conjunto de instalações industriais | Pouco provável ocorrer durante a vida útil de instalações | Provável de ocorrer muitas vezes durante a vida útil de instalações |
| IV<br>Crítica                             | Facilidade de estruturas ou partes de estruturas (ver Nota 1)<br>Danos severos a sistemas e equipamentos (ver Nota 1)                    | Danos severos  | Danos severos                               | Reparação nacional   | Reparação regional  | Reparação local   |
| III<br>Média                              | Lesões graves em estruturas ou partes de estruturas  | Danos moderados a sistemas e equipamentos                            | Danos moderados                             | Reparação regional   | Reparação local   | Reparação local   |
| II<br>Moderada                            | Lesões leves   | Danos leves a sistemas e equipamentos                                | Danos leves                                 | Reparação local  | Reparação local   | Reparação local   |
| I<br>Destrutiva                           | Sem lesões ou no máximo danos de primeira ordem  | Danos leves a sistemas sem consequências de continuidade operacional | Danos insignificantes                       | Reparação insignificante   | Reparação insignificante                                  | Reparação insignificante  |

NOTA 1 No caso de vazamentos de petróleo ou derivados, as tabelas E1 e E2 (para vazamentos em ambientes aquáticos e terrestres, respectivamente) podem ser utilizadas para a definição das categorias de severidade, em função do grau API do produto, do volume vazado e do ambiente atingido. (Prática Recomendada)

NOTA 2 O cenário catastrófico para pessoas compreende acidentes de largas proporções, com potencial de atingir um número maior de pessoas, inclusive pessoas da força de trabalho que não necessariamente tenham uma relação direta com o acidente.

NOTA 3 O cenário crítico para pessoas compreende acidentes com abrangência localizada numa unidade ou planta de processo, com potencial de atingir até 3 pessoas, normalmente ligadas a uma tarefa específica e isolacionadas ao cenário do acidente.

NOTA 4 As categorias de frequência visam permitir uma avaliação da frequência do cenário acidental, a qual deve ser estimada considerando a situação das salvaguardas preventivas ou inerentes ou previstas em projeto.

NOTA 5 As categorias de severidade visam permitir uma avaliação da magnitude das consequências dos efeitos físicos de inibição (sobre pressão, concentração tóxica, radiação térmica etc.), a qual deve ser estimada considerando que a presença de salvaguardas mitigadoras existentes ou previstas no cenário atual do projeto, reduzirá tal severidade. Esta consideração a respeito de salvaguardas mitigadoras não se aplica à LOPA.

NOTA 6 A abordagem para classificação dos riscos deve atender a critérios do Órgão Governamental estadual ou federal, tais como CETESB, INEA, IBAMA.

Quadro 15 - Matriz de tolerabilidade de riscos.

Fonte: Petrobras N-2782 (2015).

| Categoria de risco        | Descrição do nível de controle necessário  |
|---------------------------|--|
| <b>Tolerável (T)</b>      | Não há necessidade de medidas adicionais. A monitoração é necessária para assegurar que os controles sejam mantidos.   |
| <b>Moderado (M)</b>       | Medidas adicionais devem ser avaliadas com o objetivo de obter-se uma redução dos riscos e implementadas aquelas consideradas praticáveis (região ALARP - "As Low As Reasonably Practicable")  |
| <b>Não Tolerável (NT)</b> | Os controles existentes são insuficientes. Métodos alternativos devem ser considerados para reduzir a probabilidade de ocorrência ou a severidade das consequências, de forma a trazer os riscos para regiões de menor magnitude de riscos (regiões ALARP ou tolerável). |

Quadro 16 - Categoria de risco x níveis de controle.

Fonte: Petrobras N-2782 (2015).

Para auxiliar a categorização dos riscos na matriz de tolerabilidade, a Norma 2782 orienta utilizar os quadros 17 e 18, no caso de vazamentos de petróleo ou derivados, em ambientes aquáticos e terrestres, para definição das categorias de severidade, em função do grau API do produto, do volume vazado e do ambiente atingido.

| Tipo de ambiente (solo)                                      | Categoria de severidade | Volume vazado (V) em m <sup>3</sup> , conforme grau API |               |                 |               |
|--|-------------------------|---|---------------|-----------------|---------------|
|  |                         | API ≥ 45  | 35 ≤ API < 45 | 17,5 ≤ API < 35 | API < 17,5    |
| 1 Terreno impermeável  | V Catastrófica          | ≥ 100   | ≥ 200         | ≥ 350           | ≥ 500         |
|  | IV Crítica              | 70 ≤ V < 100  | 140 ≤ V < 200 | 250 ≤ V < 350   | 350 ≤ V < 500 |
|  | III Média               | 5 ≤ V < 70  | 10 ≤ V < 140  | 15 ≤ V < 250    | 25 ≤ V < 350  |
|  | II Marginal             | 1 ≤ V < 5   | 2 ≤ V < 10    | 3 ≤ V < 15      | 5 ≤ V < 25    |
|  | I Desprezível           | V < 1   | V < 2         | V < 3           | V < 5         |
| 2 Terreno permeável (não cultivável)                         | V Catastrófica          | ≥ 50  | ≥ 100         | ≥ 150           | ≥ 200         |
|  | IV Crítica              | 35 ≤ V < 50   | 70 ≤ V < 100  | 110 ≤ V < 150   | 150 ≤ V < 200 |
|  | III Média               | 4 ≤ V < 35  | 5 ≤ V < 70    | 10 ≤ V < 110    | 20 ≤ V < 150  |
|  | II Marginal             | 0,7 ≤ V < 4   | 1 ≤ V < 5     | 2 ≤ V < 10      | 4 ≤ V < 20    |
|  | I Desprezível           | V < 0,7   | V < 1         | V < 2           | V < 4         |
| 3 Terreno permeável (não cultivável com atividade antrópica) | V Catastrófica          | ≥ 30  | ≥ 40          | ≥ 50            | ≥ 60          |
|  | IV Crítica              | 20 ≤ V < 30   | 30 ≤ V < 40   | 35 ≤ V < 50     | 45 ≤ V < 60   |
|  | III Média               | 2 ≤ V < 20  | 4 ≤ V < 30    | 8 ≤ V < 35      | 15 ≤ V < 45   |
|  | II Marginal             | 0,4 ≤ V < 2   | 0,7 ≤ V < 4   | 1,5 ≤ V < 8     | 3 ≤ V < 15    |
|  | I Desprezível           | V < 0,4   | V < 0,7       | V < 1,5         | V < 3         |
| 4 Terreno cultivável   | V Catastrófica          | ≥ 20  | ≥ 25          | ≥ 30            | ≥ 40          |
|  | IV Crítica              | 10 ≤ V < 20   | 15 ≤ V < 25   | 20 ≤ V < 30     | 30 ≤ V < 40   |
|  | III Média               | 1 ≤ V < 10  | 2,5 ≤ V < 15  | 5 ≤ V < 20      | 10 ≤ V < 30   |
|  | II Marginal             | 0,2 ≤ V < 1   | 0,5 ≤ V < 2,5 | 1 ≤ V < 5       | 2 ≤ V < 10    |
|  | I Desprezível           | V < 0,2   | V < 0,5       | V < 1           | V < 2         |

Quadro 17 - Categorias de Severidade para Meio Ambiente – Solo.  
Fonte: Petrobras N-2782 (2015).

| Tipo de ambiente (água)   | Categoria de severidade | Volume vazado (V) em m <sup>3</sup> , conforme grau API |                  |                 |                |
|---|-------------------------|---|------------------|-----------------|----------------|
|   |                         | API ≥ 45  | 35 ≤ API < 45    | 17,5 ≤ API < 35 | API < 17,5     |
| 1 Regiões oceânicas   | V Catastrófica          | ≥ 1 000   | ≥ 700            | ≥ 400           | ≥ 200          |
|   | IV Crítica              | 100 ≤ V < 1 000   | 80 ≤ V < 700     | 40 ≤ V < 400    | 20 ≤ V < 200   |
|   | III Média               | 5 ≤ V < 100   | 4 ≤ V < 80       | 2 ≤ V < 40      | 1 ≤ V < 20     |
|   | II Marginal             | 0,5 ≤ V < 5   | 0,4 ≤ V < 4      | 0,2 ≤ V < 2     | 0,1 ≤ V < 1    |
|   | I Desprezível           | V < 0,5   | V < 0,4          | V < 0,2         | V < 0,1        |
| 2 Regiões costeiras   | V Catastrófica          | ≥ 500   | ≥ 350            | ≥ 200           | ≥ 100          |
|   | IV Crítica              | 50 ≤ V < 500  | 35 ≤ V < 350     | 20 ≤ V < 200    | 10 ≤ V < 100   |
|   | III Média               | 4 ≤ V < 50  | 2 ≤ V < 35       | 1 ≤ V < 20      | 0,5 ≤ V < 10   |
|   | II Marginal             | 0,4 ≤ V < 4   | 0,2 ≤ V < 2      | 0,1 ≤ V < 1     | 0,05 ≤ V < 0,5 |
|   | I Desprezível           | V < 0,4   | V < 0,2          | V < 0,1         | V < 0,05       |
| 3 Rios caudalosos (águas lóxicas)   | V Catastrófica          | ≥ 250   | ≥ 175            | ≥ 100           | ≥ 50           |
|   | IV Crítica              | 25 ≤ V < 250  | 17,5 ≤ V < 175   | 10 ≤ V < 100    | 5 ≤ V < 50     |
|   | III Média               | 2,5 ≤ V < 25  | 1,75 ≤ V < 17,5  | 1 ≤ V < 10      | 0,5 ≤ V < 5    |
|   | II Marginal             | 0,25 ≤ V < 2,5  | 0,175 ≤ V < 1,75 | 0,1 ≤ V < 1     | 0,05 ≤ V < 0,5 |
|   | I Desprezível           | V < 0,25  | V < 0,175        | V < 0,1         | V < 0,05       |
| 4 Águas interiores (águas lânticas tais como lagoas, baías, rios não caudalosos etc.) | V Catastrófica          | ≥ 50  | ≥ 35             | ≥ 20            | ≥ 10           |
|   | IV Crítica              | 5 ≤ V < 50  | 3,5 ≤ V < 35     | 2 ≤ V < 20      | 1 ≤ V < 10     |
|   | III Média               | 0,5 ≤ V < 5   | 0,35 ≤ V < 3,5   | 0,2 ≤ V < 2     | 0,1 ≤ V < 1    |
|   | II Marginal             | 0,05 ≤ V < 0,5  | 0,035 ≤ V < 0,35 | 0,02 ≤ V < 0,2  | 0,01 ≤ V < 0,1 |
|   | I Desprezível           | V < 0,05  | V < 0,035        | V < 0,02        | V < 0,01       |

Quadro 18 – Categorias de Severidade para Meio Ambiente – Água.  
Fonte: Petrobras N-2782 (2015)

As Tabelas a seguir apresentam o resultado da aplicação da técnica APR, que serão analisadas individualmente, para melhor entendimento dos critérios utilizados. Foram considerados um pequeno, um médio e um grande vazamento, subdivididos de acordo com a categoria dos produtos que são transportados pelo duto:

- Hidrocarbonetos Leves;
- Álcool e MTBE;

- GLP .

Também foi considerada a divisão da faixa em trechos , considerando a similaridade de pressão e também as características do relevo, ficando assim divididos:

- Trecho I – Km 0+000 ao Km 36+500 – Planalto de Curitiba;
- Trecho II – Km 36+500 ao Km 75+900 - Serra;
- Trecho III – Km 75+900 ao Km 93+500 – Planície Litorânea.

Da APR elaborada, foram formuladas 18 (dezoito) hipóteses acidentais, oriundas dos perigos identificados, conforme orientação da norma CETESB. A Tabela 03 apresenta o quantitativo de ocorrências de cada grau de risco para as hipóteses acidentais apresentadas na APR. Pode-se observar que os cenários foram classificados nas categorias de risco tolerável (verde) e moderado (amarelo).

|  |                     | Categorias de Frequência   |                                 |                       |                 |                  |
|--|---------------------|----------------------------|---------------------------------|-----------------------|-----------------|------------------|
|  |                     | A<br>(Extremamente Remota) | B<br>(Remota)                   | C<br>(Pouco Provável) | D<br>(Provável) | E<br>(Frequente) |
| Categorias de Severidade das Consequências | V<br>(Catastrófica) | Amarelo                    |                                 | Vermelho              |                 |                  |
|  | IV<br>(Crítica)     | Verde                      | Amarelo<br>2,4,6,10,12,14,16,18 |                       | Vermelho        |                  |
|  | III<br>(Média)      | Verde                      |                                 | Amarelo<br>8,15       | Verde<br>9      | Vermelho         |
|  | II<br>(Marginal)    | Verde<br>1,3,5,11,13,17    |                                 |                       | Amarelo<br>7    |                  |
|  | I<br>(Desprezível)  | Verde                      |                                 |                       |                 | Amarelo          |

Tabela 3 - Grau de risco para as hipóteses acidentais.  
Fonte: Autor (2018).

Com a apresentação da APR atualizada, conclui-se a análise qualitativa do oleoduto. Contudo, conforme proposto, faremos uma análise da parte quantitativa, sob a luz das novas normas, ressaltando os pontos convergentes e os pontos que precisam ser reavaliados na revalidação do estudo, caso seja necessário.

### 4.3 ANÁLISE DO ESTUDO QUANTITATIVO DE RISCO

#### 4.3.1 Consolidação das hipóteses acidentais

A norma CETESB, tornou obrigatório formular hipóteses acidentais a partir de todos os perigos identificados, considerando que elas devem ser formuladas levando em consideração os dados meteorológicos e mudanças significativas de direção no traçado do duto. Foi solicitado também assegurar a formulação de hipóteses acidentais que contemplem, no mínimo, grande, médio e pequeno vazamento, considerando os tamanhos dos orifícios de liberação.

O IBAMA solicita que as hipóteses acidentais sejam estimadas como:

- Falhas não dependentes do tempo: as falhas de caráter aleatório (escavação, chuva intensa, movimentos de terra, etc.), deverão ser analisadas de forma estocástica através de registros históricos pesquisados em banco de dados nacional;

- Falhas dependentes do tempo: corrosão interna e externa, deverão ser analisadas através de modelos de confiabilidade estrutural que contemplem os modos de falhas cabíveis ao duto em estudo.

No EAR 2006, foi contemplado na APP, com duas hipóteses acidentais: um pequeno e um grande vazamento, considerando a ruptura total da linha. Não foram apresentados dados históricos das falhas.

#### 4.3.2 Estimativa dos efeitos físicos e avaliação de vulnerabilidade

Com a definição das hipóteses acidentais na APR, procede-se à estimativa dos seus efeitos físicos utilizando modelos matemáticos com a finalidade de obter informações sobre o comportamento da substância no meio e quantificar esses efeitos em termos de radiações térmicas, para casos cujos efeitos resultam em incêndios, sobrepressões provenientes de explosões e concentrações tóxicas advindas de vazamentos. (CETESB, 2011).

Em seguida procede-se à aplicação de modelos de vulnerabilidade ao homem e às estruturas da instalação, obtendo-se distâncias para determinadas probabilidades de fatalidade decorrentes da radiação térmica, concentrações tóxicas, e efeitos diretos no corpo humano ou, indiretamente, por efeitos nas estruturas, devido à sobrepressão. (CETESB, 2011).

Na estimativa dos efeitos físicos, foi solicitado informações sobre o comportamento da substância no meio e a quantificação desses efeitos em termos de radiações térmicas, sobrepressões e concentrações tóxicas, conforme a CETESB.

Conforme Viana (2011), os efeitos físicos devem ser estimados através da aplicação de modelos matemáticos, devendo simular a ocorrência de liberações de substâncias inflamáveis e tóxicas, de acordo com os diferentes tipos de acidentes.

Segundo Herco (2006), a avaliação dos efeitos físicos decorrentes de possíveis acidentes com vazamentos de produtos perigosos, dependem das propriedades físico-químicas destas substâncias, das condições ambientais, da dimensão do vazamento e de outros fatores que resultam em diferentes cálculos de taxas de vazamentos e, conseqüentemente, em tipologias acidentais distintas.

No EAR 2006, os modelos matemáticos foram avaliados mediante a utilização do software PHAST – Process Hazard Analysis Software Tools, desenvolvido pela DNV Technica. Foi realizada a simulação de acordo com as diferentes tipologias acidentais, mas não foi apresentado os resultados para toxicidade.

#### 4.3.2.1 Efeitos Físicos

Conforme a CETESB (2011), deve ser realizada a estimativa dos efeitos físicos aplicando-se modelos matemáticos que representem os possíveis fenômenos (vazamento de líquido, de gás ou bifásico) e as tipologias acidentais (dispersões atmosféricas, incêndios e explosões), considerando as hipóteses acidentais identificadas e com as características e comportamento das substâncias envolvidas. Deve ser informada a sequência acidental estudada em cada hipótese.

- Quanto a direção do vazamento, solicitado adotar as direções vertical (90°) e angular (45°) ao solo para dutos enterrados.

No EAR 2006, foram consideradas três possibilidades: direção vertical, direção angular e impinge. (CETESB, 2011)

- O IBAMA exige que seja apresentado parecer técnico de especialista em meteorologia justificando o uso dos dados meteorológicos para as hipóteses acidentais em estudo.

No EAR 2006, não consta parecer técnico.

- Quanto ao tamanho dos orifícios de liberação, foi solicitado considerar as hipóteses de vazamento correspondentes a: (CETESB, 2011)
  - *Ruptura*: diâmetro do vazamento igual a 100% do diâmetro da tubulação;
  - *Fenda*: diâmetro do vazamento igual a 20% do diâmetro da tubulação; e
  - *Furo*: diâmetro do vazamento igual a 5% do diâmetro da tubulação.

No EAR 2006, foi considerada a hipótese de ruptura total da linha.

- Para sistemas que transportam GLP, no caso de ruptura catastrófica, considerar a massa total vazada durante os 10s iniciais para o cálculo da bola de fogo. Para as demais tipologias da ruptura catastrófica e para as tipologias da ruptura parcial (fenda ou furo), considerar a taxa de vazamento no tempo igual a 10s, estimada por meio de modelos matemáticos. O tempo do vazamento adotado é encontrado quando a dispersão atinge o estado estacionário. (CETESB, 2011)

No EAR 2006, esse critério não foi apresentado.

- Para os sistemas que transportam líquidos, estimar a área da poça gerada por um vazamento, contemplando as taxas do vazamento durante o bombeio e após a parada da bomba (devido ao escoamento das colunas hidráulicas), a formação da poça, a evaporação da substância, a infiltração da substância no solo e o seu acúmulo devido ao relevo, que resulta em uma poça com área máxima que pode ser determinada.

Alternativamente ao emprego de modelos dinâmicos é possível estimar o volume total vazado a partir da soma do (i) volume vazado durante o bombeamento, até a detecção do vazamento e a parada do mesmo e do (ii) volume vazado associado ao perfil hidráulico do duto, o qual pode levar em consideração a presença de válvulas. (CETESB, 2011)

No EAR 2006 estes parâmetros não foram apresentados.

- Explosão: para simulações utilizando modelo multi-energia<sup>8</sup>, apresentar descritivo definindo as áreas de congestionamento de nuvem inflamável, evidenciando-as com material de apoio pertinente (plantas, fotos, memorial de cálculo, entre outros). Para as frações da nuvem que se encontram em áreas congestionadas, utilizar nas simulações, no mínimo, a curva de número 6.

No estudo de 2006, foi utilizado grau de confinamento 5, conforme solicitação do Contratante.

#### 4.3.2.2 Vulnerabilidade

Os danos ao homem e às estruturas dependem dos efeitos físicos (radiação térmica, sobrepressão e toxicidade) dos cenários acidentais e da capacidade de resistência dos corpos expostos. Para a estimativa dos danos de radiação e toxicidade, usam-se modelos de vulnerabilidade baseado em funções matemáticas do tipo Probit (Pr) e para os danos relativos a sobrepressão, usam-se valores previamente definidos, que expressam a probabilidade de fatalidade humana, em função da magnitude dos efeitos físicos. (CETESB, 2011).

- Valores de Referência para Sobrepressão, conforme a CETESB: referenciar as distâncias ao local do vazamento e considerar a probabilidade de fatalidade de 75%

---

<sup>8</sup> Modelo Multi-energia consiste no conceito que a nuvem de vapor “explode” ou apresenta sobrepressão, somente nos pontos onde existe confinamento ou congestionamento ou presença de obstáculos. (fonte: <http://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr369.pdf>).



(0,75) quando a sobrepressão for acima de 0,3bar. Para a região de sobrepressão entre 0,1 e 0,3 bar, adotar a probabilidade de fatalidade de 25% (0,25), conforme Figura 22. O IBAMA solicita os níveis de feitos correspondentes a 0.05 bar e danos estruturais às edificações.

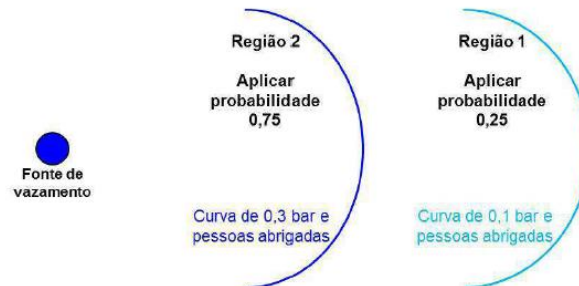


Figura 28 - Representação das regiões de probabilidade de fatalidade para os efeitos de sobrepressão.  
Fonte: CETESB (2011).

No EAR 2006, foram adotados os valores de 0,1 e 0,3 bar. O primeiro representando danos reparáveis às estruturas (paredes, portas, telhados) e, portanto, perigo à vida, correspondendo à probabilidade de 1 % de fatalidade das pessoas expostas. O segundo representa a sobrepressão que provoca danos graves às estruturas (prédios e equipamentos) e, portanto, representa perigo à vida, correspondendo à probabilidade de 50 % de fatalidade.

- Valores de Referência para Radiação Térmica (CETESB): adotar a probabilidade de fatalidade igual a 100% (1,0) quando a radiação térmica for maior ou igual a  $35\text{kW}\cdot\text{m}^{-2}$ . Para valores de radiação térmica abaixo de  $35\text{kW}\cdot\text{m}^{-2}$ , calcular as probabilidades de fatalidade, até o contorno de 1% de fatalidade. O tempo de exposição a ser utilizado é de 20s, exceto para bola de fogo, onde deverá ser utilizado seu tempo de duração, até o limite de 20s (CETESB). O IBAMA é menos restritivo, solicitando níveis de efeitos correspondentes a  $3\text{ kW}/\text{m}^2$ .



Figura 29 - Representação das regiões de probabilidade de fatalidade para os efeitos de radiação térmica.  
Fonte: CETESB (2011).

Conforme a Norma CETESB, para incêndio de nuvem, adotar a probabilidade de fatalidade de 100% (1,0), para pessoas dentro da área da nuvem, independentemente do fato de estarem abrigadas. A probabilidade de fatalidade para pessoas fora da área da nuvem é zero (0). O IBAMA solicita que seja utilizado o limite inferior de inflamabilidade (LII).

No EAR 2006, foi considerado que na área ocupada pela nuvem de vapor inflamável (delimitada pelo LII), o nível de radiação térmica corresponderá a uma probabilidade de 100 % de fatalidade. Para os casos de incêndios, os níveis de radiação térmica a serem adotados foram de 12,5 kW/m<sup>2</sup> e 37,5 kW/m<sup>2</sup>, que representam, respectivamente, uma probabilidade de 1 % e de 50% de fatalidade da população afetada, para tempos de exposição de 30 e 20 segundos.

- Toxicidade: calcular a probabilidade, até o contorno de 1% de fatalidade. O tempo (T) a ser considerado é o de passagem da nuvem pelo receptor ou, no máximo, 10min.

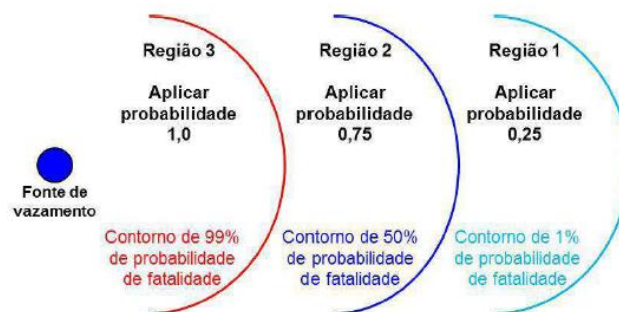


Figura 30 - Representação das regiões de probabilidade de fatalidade para os efeitos de toxicidade.  
Fonte: CETESB (2011).

No EAR 2006, não foi apresentado este parâmetro, mesmo estando considerado na norma vigente.

#### 4.3.2.3 Estimativa de Frequências

Para o cálculo do risco devem ser estimadas as frequências de ocorrência de hipóteses e de cenários acidentais. A frequência de ocorrência do evento inicial pode ser estimada diretamente a partir de registros históricos constantes de bancos de dados ou de referências bibliográficas, desde que efetivamente tenham aplicabilidade para o caso em estudo. Todos os cálculos efetuados devem estar devidamente justificados e demonstrados. (CETESB, 2011).

A análise da árvore de falhas é um processo estruturado que identifica as causas potenciais de falha do sistema. A árvore de falhas ilustra as interações entre os diversos eventos usando portas lógicas, e mostra como os acontecimentos podem levar a falha do sistema, ou seja, ao evento de topo, que é uma situação crítica que faz com que a falha no sistema e a ocorrência do evento topo sejam descritas em termos de ocorrência ou não ocorrência de outros eventos (LINDHE et al., 2009 *apud* VIANA, 2011).

- As duas normas solicitam que seja utilizada a técnica AAE (Análise por Árvore de Falhas) para obter a frequência dos cenários acidentais decorrentes de cada hipótese acidental.

A norma CETESB, exige que na quantificação da frequência final do cenário acidental, deve-se considerar pontos de liberação a cada 10m. Deve ser apresentado os cálculos para a determinação das frequências de ocorrências para cada tamanho de orifício (ruptura, fenda e furo). Para os sistemas que transportam gases liquefeitos ou substâncias no estado líquido, utilizar, para fonte de taxas de falhas, o relatório do Conservation of Clean Air And Water in Europe (CONCAWE).

No EAR 2006, foi apresentada a AAE e considerou-se a possibilidade de o vazamento ocorrer devido à ruptura total do duto, sendo que para a divisão do trecho foi utilizado um intervalo equivalente de 100m. As fontes de taxas de falhas utilizadas nesta análise foram obtidas das seguintes fontes de referência:

- Taylor (Review of Failure Rate Data for Risk Analyses - Version 1, Issue 1, February 1889 - J.R. Taylor);
  - Purple Book – 1999 [COVO81, AEC75,SRS,Ph69,Sm74] e [Hu92].
- 
- Para o cálculo da ignição imediata, que está associada à reatividade e à quantidade liberada para a atmosfera da substância, deve-se classificar os gases e líquidos inflamáveis quanto a reatividade e encontrar a probabilidade de ignição imediata e de explosão, de acordo com o Quadro 22, disponível na norma.

| Classificação da substância         | Quantidade para vazamento instantâneo (kg) | Quantidade para vazamento contínuo (kg.s <sup>-1</sup> ) | P <sub>ii</sub> | P <sub>ee</sub> |
|-------------------------------------|--|--|-----------------|-----------------|
| categoria 0, reatividade média/alta | < 1.000                                    | < 10   | 0,2             | 0,4             |
|                                     | 1.000-10.000                               | 10-100   | 0,5             |                 |
|                                     | > 10.000                                   | > 100  | 0,7             |                 |
| categoria 0, reatividade baixa      | < 1.000                                    | < 10   | 0,02            | 0,4             |
|                                     | 1.000-10.000                               | 10-100   | 0,04            |                 |
|                                     | > 10.000                                   | > 100  | 0,09            |                 |
| categoria 1                         | qualquer quantidade                        | qualquer vazão   | 0,065           | 0,4             |
| categoria 2                         | qualquer quantidade                        | qualquer vazão   | 0,01            | 0,4             |

Quadro 19 - Probabilidades de ignição imediata e de explosão.  
Fonte: CETESB (2011).

No EAR 2006, o valor utilizado teve como referência à probabilidade de ignição imediata para instalações fixas, que para líquidos foi adotado a probabilidade de 0,065.

- Para a ignição retardada, que pressupõe a formação de uma nuvem e que esta alcance uma ou mais fontes de ignição, características das fontes como quantidade, eficácia e distribuição espacial afetam a probabilidade dessa ignição.

A norma apresenta o Quadro 23 com valores de probabilidade de ignição retardada (pir) que devem ser adotados no estudo, devendo ser consistente com as caracterizações do empreendimento e do seu entorno.

| Fontes de ignição | P <sub>r</sub> |
|-------------------|----------------|
| nenhuma           | 0,1            |
| muito poucas      | 0,2            |
| poucas            | 0,5            |
| muitas            | 0,9            |

Quadro 20 - Probabilidades de ignição retardada.  
Fonte: CETESB (2011).

No EAR 2006, o valor de probabilidade de ignição retardada foi calculado pelo programa SAFETI, em função das áreas e linhas de ignição especificadas e da presença de população. A ignição retardada foi baseada em tabelas apresentadas no Purple Book.

- Com relação a direção do vazamento para dutos enterrados, considerar que 2/3 das vezes o vazamento ocorre na direção angular e 1/3 das vezes na direção vertical.

No EAR 2006, as probabilidades de direção de vazamentos adotadas para instalações enterradas, correspondem a Figura 32:

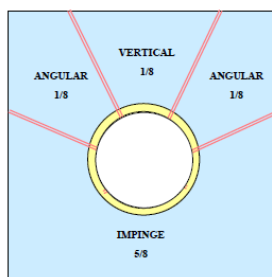


Figura 31 - Probabilidades de direções de vazamento - Instalações enterradas.  
Fonte: Herco (2006).

#### 4.3.3 Risco Individual (RI)

Conforme norma CETESB (2011), refere-se ao risco para uma pessoa, decorrente de um ou mais cenários acidentais, no intervalo de um ano. Seu caráter é geográfico, razão pela qual sua expressão se dá pela determinação dos valores de RI em pontos x,y localizados no entorno do empreendimento. A apresentação do risco individual deverá ser feita através de curvas de iso-risco (contornos de risco individual).

No EAR 2006, o cálculo do risco individual foi realizado por meio do software SAFETI, que utiliza as considerações anteriores de efeitos físicos, estimativa de frequência e vulnerabilidade. Obtém-se então, para determinada consequência, a quantificação do risco (frequência x gravidade), ou seja, o nível de risco a que uma pessoa está exposta em função da distância da instalação. (Herco, 2006)

No EAR 2006, o risco individual tinha o seguinte critério:

- Risco máximo tolerável:  $1 \times 10^{-4}$  ano<sup>-1</sup>;
- Risco negligenciável:  $< 1 \times 10^{-5}$  ano<sup>-1</sup>.

Em 2011, os órgãos ambientais adotaram uma postura mais restritiva quanto ao risco individual, sendo delimitado em três regiões:

- Risco tolerável:  $\rightarrow RI < 1 \times 10^{-6}$  ano<sup>-1</sup>;
- Risco a ser reduzido:  $\rightarrow 1 \times 10^{-6}$  ano<sup>-1</sup>  $\leq$  RI  $\leq 1 \times 10^{-5}$  ano<sup>-1</sup>;
- Risco intolerável:  $\rightarrow RI > 1 \times 10^{-5}$  ano<sup>-1</sup>.

#### 4.3.4 Risco Social (RS)

O risco social, de acordo com a CETESB, refere-se ao risco para um determinado número ou agrupamento de pessoas, expostas aos efeitos físicos decorrentes de um ou mais

cenários acidentais, sendo expresso na forma de uma curva F-N, que deve ser comparada com o critério para avaliação do risco social, conforme Figura 33.

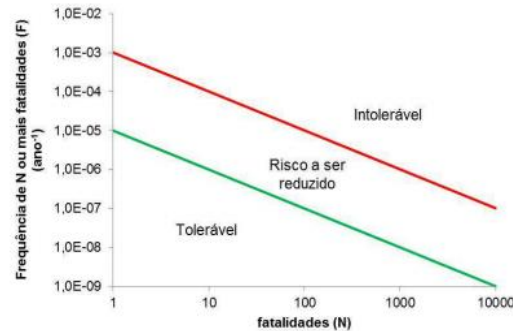


Figura 32 - Critério de tolerabilidade para risco social considerando-se o comprimento de 500m de extensão de duto. Fonte: CETESB (2011).

Em 2011, o risco social passou a ser o critério prioritário na avaliação, para as duas normas, conforme trecho extraído da norma CETESB:

Nos casos em que o risco social for considerado atendido, mas o risco individual for maior que o risco máximo tolerável, a CETESB, após avaliação específica, poderá considerar o empreendimento aprovado, uma vez que o enfoque principal na avaliação do risco está voltado para agrupamentos de pessoas possivelmente impactadas por acidentes maiores, sendo o risco social o critério prioritário nesta avaliação. (CETESB, 2011, p. 65).

O Risco Social não foi apresentado no EAR 2006, pois a norma vigente impunha que os riscos em dutos deveriam ser avaliados somente a partir do risco individual.

#### 4.3.5 Risco Cumulativo da Faixa de Dutos

O IBAMA solicita que seja apresentado o risco cumulativo, que tem por objetivo mensurar o risco da faixa de dutos, nova ou existente, na qual transcorre o traçado do duto em análise pelo EAR. Deve ser apresentado um Estudo de Risco Cumulativo, contendo a descrição e Análise Quantitativa de Riscos (AQR) dos demais dutos da faixa, além da integração dos dados para obtenção da curva de Risco cumulativo. A CETESB não menciona a apresentação desse risco.

O EAR 2006 fala sobre o efeito dominó, definido como uma sucessão de eventos desencadeados após ocorrência de um evento inicial, provocando uma série de outras consequências. Contudo, estes dados não são apresentados pois a faixa em questão só apresenta um oleoduto.

#### 4.3.6 Redução do risco

As duas normas solicitam a elaboração de Programa de Gerenciamento de Risco - PGR, de forma que o empreendimento seja operado e mantido ao longo de sua vida útil dentro de padrões toleráveis de risco. As empresas devem anexar evidências de atendimento ao PGR.

No EAR 2006, o PGR não foi parte integrante do estudo de análise quantitativa de risco. Contudo, a empresa possui um PGR vigente, que contempla toda a regional sul da Companhia.

#### 4.3.7 Mapeamento do Risco Ambiental – MARA

O IBAMA solicita apresentação do MARA junto com o estudo de análise de risco, pois correlaciona de forma qualitativa a sensibilidade ambiental, volumes vazados máximos em ambientes vulneráveis ao derramamento do óleo, práticas e recursos da contingência, ações de mitigação para proteção dos elementos ambientais e usos sócio-econômicos, permitindo identificar o grau de importância dos cenários de vazamento. A Norma CETESB não menciona o mapeamento.

No EAR 2006, não foi apresentado o MARA. Contudo, o oleoduto em estudo possui um MARA específico, elaborado em 2013.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo de caso buscou avaliar a análise de risco de um oleoduto, elaborada em 2006, sob a luz das normas vigentes, tendo sido alcançado este objetivo principal ao se realizar a atualização dos dados qualitativos do duto, etapa principal do estudo de análise de risco, comparando os resultados apresentados em 2006, com o que atualmente é exigido pelos órgãos ambientais. A criação de termos de referência para dutos com metodologias específicas para estas instalações, foi o principal ganho na análise de risco destes sistemas, que apesar de serem operacionalmente simples, deslocam o risco do transporte de hidrocarbonetos para áreas extramuros, mostrando a mudança no enfoque dos órgãos ambientais.

O objetivo específico de identificar qualitativamente os principais riscos ambientais ao longo da faixa do oleoduto, também foi alcançado com a atualização da caracterização do empreendimento. Nesta atualização foi possível observar o crescimento populacional ao longo das faixas de dutos, no período de 2006 a 2018, sendo este um dos itens considerados nos modelos matemáticos utilizados na análise quantitativa de riscos.

O objetivo específico de elaboração de uma Análise Preliminar de Risco (APR) atualizada, também foi atingido com a apresentação de análises históricas de acidentes com dutos, que balizou a identificação dos perigos, sendo considerados um pequeno, médio e grande vazamento, conforme solicitado nas normas e obtendo o grau de gravidade de cada cenário acidental. Também foi elaborada uma matriz de tolerabilidade com os cenários identificados, facilitando a visualização das gravidades dos cenários.

Por fim, o objetivo de comparar os requisitos das normas com o estudo vigente também foi alcançado, pois foram apresentados os principais itens solicitados nas normas atuais, evidenciando os pontos convergentes e os que precisam de atenção em futuros estudos quantitativos. É importante salientar que com a criação dos termos de referência, passou-se a solicitar uma análise mais criteriosa dos dutos, o que não era exigido em 2006. Percebe-se um esforço da Companhia Operadora do duto em manter procedimentos que mitiguem os riscos da atividade, bem como os de apoio a emergências.

Alguns dados operacionais do duto não puderam ser apresentados devido ao crescente número de furto de combustível (derivações clandestinas), que atinge a malha nacional de dutos, tornando a Companhia mais restritiva na liberação destes dados, apesar de tê-los disponibilizado para propiciar a análise do duto.



## 5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Trabalhos futuros podem ser realizados sobre os seguintes aspectos:

- Realizar uma padronização dos limites de tolerabilidade dos termos de referência de dutos dos órgãos ambientais nacionais;
- Implementar um banco de dados de análises históricas de acidentes com dutos no Brasil;
- Elaboração de critérios mais atualizados com relação a classe de locação para dutos.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12712 - Projeto de sistemas de transmissão e distribuição de gás combustível**. Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15589 - Indústria do petróleo e gás natural — Proteção catódica para sistemas de transporte de dutos Parte 1: Dutos terrestres**. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 31000**, Gestão de Riscos – Princípios e diretrizes. Rio de Janeiro, 2009.

BRITISH STANDARD. **BS 8800**. Occupational health and safety management systems — Guide. 2004.

BRITISH STANDARD. **OHSAS 18001**. Occupational health and safety management systems – Requirements. 2007.

CETESB - **Emergências Químicas**. Disponível em: <http://cetesb.sp.gov.br/analise-risco-tecnologico/estudo-de-analise-de-risco/historico/> Acesso em: 21/02/2018 e 07/04/2018

CETESB - **Emergências Químicas**. Disponível em: <http://cetesb.sp.gov.br/analise-risco-tecnologico/grandes-acidentes/vila-soco-cubatao/> Acesso em: 07/04/2018

CETESB - **Emergências Químicas**. Disponível em: <http://cetesb.sp.gov.br/emergencias-quimicas/tipos-de-acidentes/dutos/principais-acidentes/> Acesso em: 07/04/2018

CETESB - **Emergências Químicas**. Disponível em: <http://cetesb.sp.gov.br/emergencias-quimicas/tipos-de-acidentes/introducao-dutos/> Acesso em: 07/04/2018

CETESB - **Emergências Químicas**. Disponível em: <http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/emergencia/relatorio.php> Acesso em: 07/04/2018

CETESB - Norma **P4.261- Risco de Acidente de Origem Tecnológica - Método para decisão e termos de referência**. São Paulo, 2011. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/servicos/normas/pdf/P4261-140414.pdf>

CETESB. **Manual de orientação para a elaboração de estudos de análise de riscos/P4.261**. 2003.

CONCAWE. **Performance of European cross-country oil pipelines Statistical summary of reported spillages in 2016 and since 1971**. Report n. 06/18, 2018.

DE CICCIO, Francesco.; FANTAZINNI, Mário Luiz. A prevenção e o controle de perdas através da engenharia de segurança de sistemas. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**. São Paulo: FUNDACENTRO, v.19, p.39-42, jul-set, 1987.

DE CICCIO, Francesco; FANTAZINNI, Mário Luiz. Gerencia de Riscos: A identificação e análise de riscos III. **Revista Proteção**. Caderno gerência de risco n°4, Novo Hamburgo, n.30, 1994.

DE CICCIO, Francesco; FANTAZINNI, Mário Luiz. **Tecnologias Consagradas de gestão de risco**. Risk Tecnologia Editora LTDA. 2003.

MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE; DINIZ, Flavio Luiz Barros *et al.* **Apostila do Curso de Análise Risco**. Rio de Janeiro: Det Norske Verita., 2007.

HERCO. **Estudo de análises quantitativas de riscos**. Itajaí, 2006.

HERCO. **Estudo de análises quantitativas de riscos**. Itajaí, 2015.

IBAMA. **Termo de referência estudo de análise de riscos em polidutos de transporte oleoduto Paraná - Santa Catarina (OSPAR)**. Processo Ibama n° 02017.002503/2000-74. Coordenação de Energia Elétrica, Nuclear e Dutos – IBAMA-DF\_Modelo2\_Revisão 04, 2013.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos da metodologia científica**. 5ª Ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MELLO, Alexandre J. T. S. *Et al.* **Uma rede de sensores para monitoração da proteção catódica em dutos**. 4o PDPETRO, Campinas, SP, 2007.

MORGADO, C. R. V.. **Gerência de Riscos 1: Conceitos Básicos**. Apostila. 2005.

MUHLBAUER, W. Kent. **Pipeline risk management manual: a tested and proven system to prevent loss and assess risk**..-3rd ed. Gulf Professional Publishing is an imprint of Elsevier, 2004.

OLIVEIRA, Hudson Régis. **Gerenciamento da integridade de dutos: proposta de abordagem aos riscos geotécnicos em gasodutos de transmissão**. 167 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

OLIVEIRA, Silvio Luiz de. **Metodologia científica aplicada ao direito**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002.

PAULA, Henrique Xavier de. **Relação entre os índices pluviométricos e as ocorrências geotécnicas nas faixas de dutos**. 65p.Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Sociedade Educacional de Santa Catarina, Instituto Superior Tupy, Joinville, 2012.

PETROBRAS. **Manual de operação do oleoduto OLAPA 12**. Núcleo de Simulação Termohidráulica de Dutos. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

PETROBRAS. **N-2775**. Inspeção e Manutenção de Faixas de Dutos Terrestres e Relações com Terceiros. 2014.

PETROBRAS. **N-2781**. Técnicas Aplicáveis à Engenharia de Confiabilidade. 2012.

PETROBRAS. **N-2782**. Técnicas Aplicáveis à Análise de Riscos Industriais. 2015.

RAMALHO, Angela Maria Cavalcanti; MARQUES, Francisca Luseni Machado. **Classificação da pesquisa científica**. Disciplina Pesquisa e Ensino em Geografia. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, s/d.

RTDT. AGENCIA NACIONAL DO PETROLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Regulamento técnico de dutos terrestres para movimentação de petróleo, derivados e gás natural (RTDT)**. 2010.

SANTOS, R. A. dos. **Metodologia científica: a construção do conhecimento**. 7. ed. Rio de Janeiro: DP&A, 2007.

SELLA, Bianca Cristina. **Comparativo entre as técnicas de análise de riscos APR e Hazop**. Monografia de Especialização. Universidade Tecnológica do Paraná. Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, Curitiba, 2014.

SILVA, Renata. **Apostila de metodologia científica**. Brusque: ASSEVIM – Associação Educacional do Vale do Itajaí-Mirim, fev. 2008. (mimeo)

TRANSPETRO. **Avaliação e gestão de riscos**. 2016. Relatório.

UKOPA. **Pipeline Product Loss Incidents and Faults Report (1962 – 2016)**. 17/002, FEV, 2018. Ambergate UK.

VIANA, Vanina Cardoso. **Desenvolvimento de metodologia de análise quantitativa de risco para dutovias de petróleo e derivados**. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Recife, 2011.

## 7 ANEXO 01

### Protocolo de reavaliação de estudos de riscos

Nota 1: Caso a resposta a uma das questões 1, 2, 3 ou 4 propostas neste protocolo seja negativa, deverá ser avaliada a necessidade de revisão do estudo, onde foi identificada a alteração.

| PROTOCOLO DE REAVALIAÇÃO DE ESTUDOS DE RISCOS   |     |     |   |
|---|-----|-----|---|
| TÓPICO ANALISADO  | SIM | NÃO | OBSERVAÇÕES   |
| <p>1. A documentação coincide com a situação física atual da instalação?</p> <p>OBJETIVO: Verificar se a documentação está atualizada.</p>  |     |     | <p>Inserir, neste campo, a descrição dos trechos da documentação da instalação que não coincidem com a situação física (equipamento, número do desenho etc), identificando a documentação que precisará ser revisada.</p> |
| <p>2. A revisão atual do estudo considera as recomendações oriundas do processo de gestão de mudanças ocorridas na instalação, bem como as análises de risco realizadas para subsidiar tais mudanças?</p> <p>OBJETIVO: Verificar se o estudo inclui as recomendações e as análises de risco referentes às mudanças na instalação e de tecnologia.</p> |     |     | <p>Inserir, neste campo, a descrição das mudanças efetuadas cujas recomendações e análises de risco não foram consideradas no estudo da instalação.</p>   |
| <p>3. As áreas externas à instalação industrial (extramuros) permanecem sem alterações significativas, passíveis de impactar as considerações do estudo de riscos em reavaliação?</p> <p>OBJETIVO: Verificar se existe alguma alteração extramuro que possa impactar nos resultados do estudo.</p>  |     |     | <p>Inserir, neste campo a descrição das alterações extramuros capazes de impactar os resultados do estudo em reavaliação.</p>   |

|   |  |  |   |
|---|--|--|---|
| <p>4. O histórico de acidentes, incidentes e desvios ocorridos desde o último estudo de riscos, interna ou externamente à Companhia, permite concluir que o atual estudo permanece válido?</p> <p>OBJETIVO: Verificar a ocorrência de cenários acidentais que possam impactar os resultados do estudo de risco.</p> |  |  | <p>Inserir, neste campo, a identificação dos cenários acidentais ocorridos, tanto nas áreas próprias como em instalações similares na indústria, que possam impactar os resultados do estudo.</p> |
| <p>5. Há alguma recomendação pendente do estudo anterior?</p> <p>OBJETIVO: Verificar se há alguma recomendação que não tenha sido analisada pelo gerente, não tenha sido delegada, ou não implementada sem justificativa.</p>   |  |  | <p>Inserir, neste campo, a numeração das recomendações que estejam nas condições descritas no objetivo do item.</p>   |