



**Mario Pezzi Filho**

**Aplicação de IBR, Inspeção Baseada em  
Risco a Oleodutos segundo o API 581 BRD  
Verificação de Consistência com as  
Práticas Usuais da Indústria para Avaliação  
de Risco**

**Dissertação de Mestrado**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica do Centro Técnico Científico da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Orientador: Prof. José Luiz de França Freire

Rio de Janeiro  
Maio de 2003.



**Mario Pezzi Filho**

**Aplicação de IBR, Inspeção Baseada em Risco a  
Oleodutos segundo o API 581 BRD**

**Verificação de Consistência com as Práticas Usuais  
da Indústria para Avaliação de Risco**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica do Centro Técnico Científico da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

**Prof. José Luiz de França Freire**

Orientador

Departamento de Eng. Mecânica - PUC-Rio

**Prof. Arthur Martins Barbosa Braga**

Departamento de Eng. Mecânica – PUC-Rio

**Prof. Carlos Valois Maciel Braga**

Departamento de Eng. Mecânica – PUC-Rio

**Prof. Ney Augusto Dumont**

Coordenador Setorial do Centro

Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 26 de maio de 2003.

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização do autor, do orientador e da universidade.

### **Mario Pezzi Filho**

Graduou-se em Engenharia Mecânica na UFRGS, Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em 1975. Coursou Engenharia de Terminais e Oleodutos e de Instalações Marítimas na Petrobras entre 1976 e 1977. Participou de grupos de fiscalização de obras de construção e reparo de plataformas marítimas de perfuração e produção entre 1977 e 1996 na Petrobras, intercalado com o desenvolvimento de negócios internacionais de serviços de engenharia na área de petróleo na Petrobras Internacional S. A. entre 1984 e 1990. Tem atuado na atividade de gerenciamento da integridade de dutos do segmento de E& P da Petrobras desde 1997. Concluiu Pós Graduação em Engenharia de Dutos da PUC-RIO em 2000. Iniciou Mestrado em Engenharia de Dutos na PUC-RIO em 2001.

### Ficha Catalográfica

Pezzi Filho, Mario.

Aplicação de IBR, Inspeção Baseada em Risco, a oleodutos segundo o API 581 BRD. Verificação de consistência com as práticas usuais da indústria para avaliação de risco / Mario Pezzi Filho. Rio de Janeiro: PUC-RIO, 2003.

xvi,240p.:il.:27,94cm.

Dissertação (Mestrado) - PUC-RIO / Departamento de Engenharia Mecânica / DEM, 2003.

Referências bibliográficas: p. 136 – 138.

1 Engenharia Mecânica – Teses. 2. Gerenciamento de risco. 3. Oleodutos. 4. IBR 5. API 581 BRD. 6. BRD. 7. IAP I. Freire, José Luiz de França. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Mecânica. III. Título

## Agradecimentos

Agradeço aos meus gerentes da Petrobras Manoel Furloni, Alberto de Oliveira Fontes e Louise Pereira Ribeiro pelo estímulo que me deram a iniciar a Pós Graduação e posteriormente, para fazer o Mestrado.

A Brigitte Richter pelas informações a respeito da interpretação de relatórios de pig instrumentado.

A Mike Gloven e Elaine Hendren pelo suporte de software para o IAP e por aceitarem os desafios propostos sobre o desenvolvimento de algoritmos de otimização mais alinhados a IBR, Inspeção Baseada em Risco.

Ao engenheiro José Flavio de Andrade Carvalho pelo apoio e interesse em fornecer dados e registros sobre os oleodutos pesquisados, bem como, na facilitação de entrevistas para Avaliação de Gerenciamento de Sistemas e Processos de Segurança.

Ao meu orientador, Professor José Luiz França Freire, pela confiança que me depositou ao propor o tema desta dissertação, em seqüência à apresentação de trabalho de conclusão da cadeira de Tópicos em Análise de Risco do curso de Mestrado em Engenharia de Dutos.

A minha família, pais e irmãos, pelo encorajamento ao meu contínuo desenvolvimento profissional.

A Marisa Andrade pelo apoio emocional e conforto afetivo com que fui brindado nos momentos mais críticos e finais do Mestrado, e pela objetividade e senso estético dedicados à revisão do texto até o seu formato final.

## Resumo

Pezzi Filho, Mário. **Aplicação de IBR, Inspeção Baseada em Riscos a oleodutos segundo o API 581 BRD. Verificação de Consistência com as práticas usuais da Indústria para avaliação de risco.** Rio de Janeiro, 2003 240 p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Mecânica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

APLICAÇÃO DE IBR, INSPEÇÃO BASEADA EM RISCO, EM OLEODUTOS SEGUNDO O API 581 BRD. Verificação de Consistência com as Práticas Usuais da Indústria para Avaliação de Risco. A sociedade tem feito crescentes exigências quanto à redução de eventos com dutos, que resultem em danos à pessoa humana e ao meio ambiente. A competição de mercado exige dos operadores de dutos, confiabilidade e disponibilidade dos serviços de transferência e transporte de hidrocarbonetos, importante elo da cadeia logística da produção de petróleo. Este cenário leva, muitas vezes, os agentes regulamentadores a emitirem medidas prescritivas para a garantia da integridade dos dutos. Apesar disto e de muitos operadores excederem os requisitos prescritos, muitos acidentes com dutos tem ocorrido. Em resposta a este cenário desafiante, a indústria tem se organizado para sistematizar o gerenciamento da integridade de dutos baseando-se em risco.

A norma API STD 1160 - Managing System Integrity for Hazardous Liquid Pipelines é de aplicação específica para dutos de hidrocarbonetos líquidos instalados em áreas de grandes conseqüências, definidas pela legislação norte-americana, porém não apresenta uma sistemática de aplicação simples e imediata. Iniciativas para indicar à indústria, metodologias simplificadas de avaliação de risco de modo a proporcionar aos operadores de dutos, ferramentas para a otimização dos recursos de inspeção com vistas à redução do risco, são bem recebidas e devem ser incentivadas.

Neste trabalho é feita uma avaliação da metodologia de IBR para plantas industriais proposta no API 581 BRD, quanto a sua aplicabilidade a dutos. É verificada ainda a sua consistência com as práticas para avaliação de risco usadas

pela indústria dutoviária, representadas neste estudo, pelo aplicativo comercial chamado IAP, Integrity Assessment Program.

A metodologia do API 581 BRD foi aplicada à quatro oleodutos terrestres de uma unidade de Exploração & Produção, através dos métodos qualitativo, semi quantitativo e quantitativo de análise de risco para IBR e os resultados são discutidos.

Observou-se a limitação do API 581 BRD para aplicação a oleodutos devido à falta de critérios para abordar alguns modos de falha que ocorrem em dutos e para tratar de conseqüências ambientais. Esta limitação decorre das diferenças fundamentais entre o modo de instalação de um duto e de um vaso de pressão. Mesmo assim foram avaliados programas de inspeção para os dutos estudados e os resultados alcançados foram considerados consistentes.

Quanto ao software IAP, justamente por ser um aplicativo especialista, recomenda-se o seu desenvolvimento na direção da sistematização da busca de cenários mitigadores de risco dimizados em relação a custo. É proposta uma melhoria ainda mais desafiante, ou seja, a incorporação no algoritmo do IAP, do método do teorema de Bayes para se atualizar as expectativas do avaliador da integridade do duto sobre a evolução de um defeito sob observação, considerando-se a eficácia das técnicas de inspeção empregadas e o tempo decorrido entre uma inspeção e outra. Deste modo, se poderá avaliar diretamente programas de inspeção para dutos com o software IAP, usando-se uma metodologia simplificada similar à proposta no API 581 BRD.

Recomenda-se para futuro estudo a aplicação do software em desenvolvimento para a norma API RP 580 a oleodutos com o objetivo de se verificar igualmente, sua metodologia quanto aos aspectos de adequação e simplicidade.

## **Palavras-chave**

Gerenciamento de risco, oleodutos. Inspeção Baseada em Risco, IBR, API 581 BRD, IAP.

## Abstract

Pezzi Filho, Mário. **Application of RBI, Risk Based Inspection, to oil pipelines according to the API 581 BRD methodology – An Evaluation of its Consistency to the Industry Common Practices for Risk Assessment.** Rio de Janeiro, 2003. 240p. MSc. Dissertation – Departamento de Engenharia Mecânica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

APPLICATION OF RBI, RISK BASED INSPECTION, TO OIL PIPELINES ACCORDING TO THE API 581 BRD METHODOLOGY. An Evaluation of its Consistency to the Industry Common Practices for Risk Assessment. Society is increasingly demanding to industry actions aiming at reducing the occurrence of events with pipelines, which can result in injuries, fatalities and pollution. Market competition requires pipeline operators provide their clients with reliable and available transportation and transmission services, important links in the oil production supply chain. This scenario makes regulators to enact prescriptive measures in order to achieve higher levels regarding to pipeline integrity. Albeit these measures and the fact that sometimes pipeline operators exceed them, many accidents involving pipelines have been happening. In response to this challenging scenario, industry has been making efforts towards the systematization of integrity management considering risk.

The standard API STD 1160 Managing System Integrity for Hazardous Liquid Pipelines was conceived specifically for liquid pipelines installed in high consequence areas, as defined by the North American legislation, but it doesn't contain an easy to apply and a simplified methodology.

Initiatives aiming at providing the industry with simplified risk assessment methodologies and tools for the optimization of inspection resources and risk reduction are welcome and should be stimulated.

In this study it's evaluated the applicability of the RBI methodology for processing plants and refineries, proposed in API 581 BRD, to pipelines. It's also verified the consistency of this methodology to the pipeline industry risk assessment practices,

represented in this study by the commercial software IAP, Integrity Assessment Program.

The API 581 BRD methodology was applied to four oil pipelines installed in an Exploration and Production business unit, using the qualitative, semi-quantitative and the quantitative approaches for risk assessment and RBI for optimizing inspection plans. The results are evaluated and discussed.

It's observed limitations of API 581 BRD in regard to its application to pipelines as there are missing criteria for evaluating some pipeline typical failure modes and their respective environmental and financial consequences. These limitations result from the fundamental differences between the pipeline and pressure vessel installation ways. In spite of that, inspection plans for the pipelines studied were evaluated and the results obtained were considered consistent and satisfactory.

Regarding the software IAP, mainly because it's a specific program, it's recommended its further development towards the implementation of a cost optimization algorithm for operators standard risk mitigation scenarios. It's also proposed a challenging improvement on the IAP, that is, the inclusion of the Bayes theorem methodology in its algorithm, aiming at updating the pipeline integrity evaluator expectations about the evolution of a defect taking into consideration the efficiency of the inspection techniques being used and the inspection frequency on that defect. With this provision it will be possible to evaluate inspection plans directly with IAP, using a simplified methodology, similar to that proposed in API 581 BRD.

It's recommended for a future study, the application of the software which is presently being developed for the standard API RP 580, Risk Based Inspection, to pipelines for evaluating its methodology in regard to adequacy and simplicity.

## **Key Words**

Pipeline Risk Management. Risk Based Inspection. RBI. API 581 BRD. IAP.

# SUMÁRIO

1	Introdução	17
1.1	A Atividade Dutoviária	17
1.2	PGID, Programa de Gerenciamento da Integridade de Dutos	17
1.3	O API STD 1160, Gerenciamento da Integridade de Oleodutos em Áreas de Alta Conseqüência	20
1.4	Risco e o Gerenciamento de Risco	24
1.5	A Contribuição da IBR, Inspeção Baseada em Risco	25
1.6	O API 581 BRD	25
1.7	O API RP 580	27
1.8	A Necessidade de se Facilitar o Uso do Conceito de Risco na Atividade Dutoviária	28
1.9	Apresentação da Tese	28
2	Análise da Adequação do API 581 BRD para Aplicação a Oleodutos	30
2.1	Objetivo	30
2.2	A IBR segundo o API 581 BRD	31
2.3	Planos de Inspeção de Oleodutos Terrestres	35
2.3.1	Mecanismos de Danos Típicos em Oleodutos Terrestres	35
2.3.2	Proposta de Plano de Inspeção para Oleodutos Terrestres	38
2.4	A IBR e a integração de informações	39
3	O API 581 BRD - Método Qualitativo - Nível I	44
3.1	Considerações Gerais	44
3.2	Parte A - Categoria de Probabilidade de Falha	45
3.2.1	Fatores de Probabilidade de Falha	45
3.3.	Partes B e C - Categoria de Conseqüência de Falha	49
3.3.1	Fatores de Conseqüência de Chama	50
3.3.2	Fatores de Conseqüência a Saúde	54
3.4	Parte D - Matriz de Risco	55
4	O API 581 BRD - Método Quantitativo - Nível III	58
4.1	Considerações Gerais	58
4.2	Aquisição de Dados	60
4.3	Parte A - Cálculo da Taxa de Vazamento	61
4.3.1	Furos Típicos de Vazamentos	61
4.3.2	Cálculo do Inventário e Tipo de Vazamento	63
4.4	Parte B - Cálculo da Probabilidade de Falha	65
4.4.1	Fator de Modificação de Equipamento - ( $F_E$ )	67
4.4.2	Módulos Técnicos	68
4.4.2.1	Subfator de módulo técnico	71

4.4.2.2	Subfator universal	73
4.4.2.3	Subfator mecânico	74
4.4.2.4	Subfator de processo	74
4.4.3	Fator de Avaliação de Gerenciamento de Sistemas - ( $F_M$ )	75
4.5	Parte C - Cálculo de Conseqüência de Falha	76
4.5.1	Cálculo de Conseqüência de Chama	77
4.5.2	Cálculo de Conseqüência de Toxicidade	82
4.5.3	Cálculo de Conseqüências Ambientais	82
4.5.4	Cálculo de Conseqüências de Risco Financeiro	85
4.6	Parte D - Cálculo do Risco	88
5	O API 581 BRD - MÉTODO SEMI-QUANTITATIVO - NÍVEL II	90
5.1	Considerações Gerais	90
5.2	Parte A - Cálculo de Taxa de Vazamento	90
5.3	Parte B - Cálculo da Probabilidade de Falha	93
5.4	Parte C - Cálculo de Conseqüência de Falha	97
5.5	Parte D - Cálculo do Risco	98
6	O SOFTWARE IAP, INTEGRITY ASSESSMENT PROGRAM	101
6.1	Introdução	101
6.2	O Algoritmo de Risco Ajustado e Empregado no Oleoduto A-G	103
6.2.1	Considerações Gerais	103
6.2.2	Comentários sobre alguns dos Cálculos Efetuados pelo IAP	106
6.3	Os Resultados da Aplicação do IAP ao Oleoduto A – G	107
7	Discussão dos Resultados do API 581 BRD e do IAP	110
7.1	Informações sobre os Oleodutos Avaliados	110
7.2	Resultados do Método Qualitativo do API 581 BRD	111
7.2.1	Pontos Positivos da Metodologia Qualitativa	111
7.2.2	Pontos para Melhoria da Metodologia Qualitativa	112
7.2.3	Discussão dos Resultados do Método Qualitativo	112
7.3	Resultados do Método Semi-quantitativo do API 581 BRD	114
7.3.1	Pontos Positivos da Metodologia Semi-quantitativa	115
7.3.2	Pontos para Melhoria da Metodologia Semi-quantitativa	115
7.3.3	Discussão dos Resultados do Método Semi-quantitativo	116
7.4	Resultados do Aplicativo IAP	117
7.4.1	Pontos Positivos do Aplicativo IAP	118
7.4.2	Pontos para Melhoria do Aplicativo IAP	119
7.4.3	Discussão dos Resultados do Aplicativo IAP	119
7.5	Resultados do Método Quantitativo do API 581 BRD	120
7.5.1	Pontos Positivos da Metodologia Quantitativa	122
7.5.2	Pontos para Melhoria da Metodologia Quantitativa	122
7.5.3	Discussão dos Resultados do Método Quantitativo	123
8	Resultados da Metodologia de IBR do API 581 BRD	127

9	Conclusões e Recomendações	132
10	Referências Bibliográficas	136
11	Apêndice I – Informações sobre o Oleoduto A – G	139
12	Apêndice II – API 581 BRD Qualitativo Oleoduto A – G	150
13	Apêndice III – API 581 BRD Quantitativo e IBR para Otimização de Plano de Inspeção Oleoduto A – G	169
14	Apêndice IV – Resultados API 581 BRD Quantitativo Segmentado Oleoduto A – G	204
15	Apêndice V – API 581 BRD Semi quantitativo Ol. A - G	207
16	Apêndice VI – IAP Oleoduto A – G	227

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Quantidade de óleo Derramado em Incidentes Acima de 10.000 Galões ( 34 tons ) segundo a Origem, Publicado no International Oil Spills Statistics:1998	18
Figura 2 – Variação do Risco com o Nível de Atividade de Inspeção, segundo o API 581 BRD	32
Figura 3 – Matriz de Risco do Método Qualitativo para o Oleoduto A–G	57
Figura 4 – Etapas da Aplicação do Método Quantitativo de Avaliação de Risco para IBR do API 581 BRD	62
Figura 5 – Fluxograma Típico do Cálculo da Freqüência de Falha Ajustada	70
Figura 6 - – Fluxograma Típico do Cálculo da Conseqüência de Falha	80
Figura 7 – Matriz de Risco – Método Semi-quantitativo – Risco do Oleoduto A – G é 1 – D, Risco Médio	100
Figura 8 – Distribuição da Ponderação das Variáveis do Algoritmo do IAP para o Modo de Falha de Corrosão Interna	105
Figura 9 – Matriz de Risco para o Oleoduto A – G – IAP	108
Figura 10 – Variáveis de Conseqüência que mais Contribuem para o Risco do Oleoduto A – G	109
Figura 11 – Tabela G -7 do Módulo Técnico G, Perda de espessura	131

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Mecanismos de dano, técnicas de inspeção e monitoração para corrosão interna e frequência para plano de inspeção de oleoduto terrestre	40
Tabela 2 - Mecanismos de dano, técnicas de inspeção e monitoração para corrosão externa e frequência para plano de inspeção de oleoduto terrestre	41
Tabela 3 - Mecanismos de dano, técnicas de inspeção e monitoração para movimentação do solo e frequência para plano de inspeção de oleoduto terrestre A Atividade Dutoviária	42
Tabela 4 - Mecanismos de dano, técnicas de inspeção e monitoração para ação de terceiros e frequência para plano de inspeção de oleoduto terrestre	43
Tabela 5 - Categorias de Probabilidade de Falha do Método Qualitativo	45
Tabela 6 - Valores do Fator de Equipamento - EF – Método Qualitativo, com indicação dos resultados para o oleoduto A – G	46
Tabela 7- Valores do Fator de Dano - EF - Método Qualitativo, com indicação dos resultados para o oleoduto A – G	47
Tabela 8 - Valores do Fator de Inspeção - IF – Método Qualitativo, com indicação dos resultados para o oleoduto A – G	48
Tabela 9 - Valores do Fator de Condição - CCF - Método Qualitativo, com Indicação dos resultados para o oleoduto A – G	49
Tabela 10 - Valores do Fator de Processo PF - Método Qualitativo, com Indicação dos resultados para o oleoduto A – G	50
Tabela 11 - Valores do Fator de Projeto Mecânico - DMF Método Qualitativo, com indicação dos resultados para o oleoduto A – G	51
Tabela 12 - Categorias de Conseqüência em função da soma dos fatores de conseqüência de chama e à saúde por ventura, aplicáveis	51
Tabela 13 - Fator químico a partir do Fator de reatividade e do Fator de Flash, para o petróleo escoado no oleoduto A – G	52
Tabela 14 - Fator de conseqüência de quantidade - QF a partir do inventário passível de ser vazado pelo oleoduto A – G	52
Tabela 15 - Fator de conseqüência de estado - SF a partir da temperatura de escoamento e ebulição do fluido em escoamento no oleoduto A – G	53
Tabela 16 - Fator de conseqüência de auto-ignição - AF a partir da temperatura de escoamento e de auto-ignição e ebulição do fluido em escoamento	53
Tabela 17 - Fator de conseqüência de pressão - PRF a partir da estado físico e pressão do fluido dentro do oleoduto A – G	54
Tabela 18 - Consolidação dos valores dos fatores de probabilidade e da categoria de probabilidade para o oleoduto A – G	56
Tabela 19 - Consolidação dos valores dos fatores de conseqüência de chama e da categoria de conseqüência para o oleoduto A – G	56
Tabela 20 - Tamanho de furos típicos usados na avaliação de risco do IBR do API 581 BRD	62

Tabela 21 - Razão entre vazão de ruptura de 16" e de ruptura com diâmetro real do oleoduto, mantido o diferencial de pressão interna e meio ambiente	65
Tabela 22 - Razão entre o diferencial de pressão interna e meio ambiente para oleodutos com diâmetro real de ruptura e com ruptura limite de 16"	65
Tabela 23 - Frequências genéricas de falha por ft ano para furos típicos dos oleodutos em estudo	67
Tabela 24 - menores espessuras dos oleodutos inspecionados por pig instrumentado para ERFs de mesma ordem de grandeza do máximo	72
Tabela 25 - Dados para cálculo do Subfator de Módulo Técnico do oleoduto A – G	73
Tabela 26 -Dados para cálculo do Subfator Universal do oleoduto A–G	74
Tabela 27 -Dados para cálculo do Subfator Mecânico do oleoduto A–G	75
Tabela 28 -Dados para cálculo do Subfator de Processo do oleoduto A–G	76
Tabela 29 - escores de PSM a partir das entrevistas e cálculo de FM, para os oleodutos em estudo	77
Tabela 30 - cálculo das frequências de falha para o oleoduto A – G	78
Tabela 31 - resumo sobre o tipo de vazamento e área de consequência de chama para o oleoduto A – G	81
Tabela 32 - cálculo de consequências ambientais para o oleoduto A - G Considerações Gerais	86
Tabela 33 – consequências de risco financeiro para o oleoduto A-G	87
Tabela 34 - resultados de risco total para o oleoduto A – G	88
Tabela 35 - Categorias de inventário do método semi-quantitativo	90
Tabela 36 - critério subjetivo de categorização de inventário - método semi-quantitativo	91
Tabela 37 - Tipo de vazamento e fase final do fluido do oleoduto A – G	93
Tabela 38 - variabilidade dos Fatores de Modificação de Equipamentos e de Avaliação de Gerenciamento de Sistemas	95
Tabela 39 - cálculo de Subfator Técnico corrigido para o oleoduto A–G	96
Tabela 40 - categorização da probabilidade de falha em função do subfator de módulo técnico – método semi-quantitativo	96
Tabela 41 - resumo sobre o tipo de vazamento e o cálculo da área de consequência de chama para o oleoduto A – G método semi-quantitativo	99
Tabela 42 - cálculo da área de consequência de dano por chama a equipamentos ponderada pela probabilidade de falha para o oleoduto A – G	99
Tabela 43 - conversão área de consequência de falha x categoria de consequência, com indicação do resultado para o oleoduto A – G	100
Tabela 44 – características principais dos oleodutos Estudados	110
Tabela 45 – resultados do método qualitativo do API 581 BRD	111
Tabela 46 – adaptação do Fator de Equipamento EF a partir da extensão do duto	113
Tabela 47 – critério de avaliação da probabilidade de falha a partir de DF ajustado para perda de espessura e taxa de corrosão combinados	114
Tabela 48 – resultados do método semi-quantitativo do API 581 BRD	115

Tabela 49 – resultados de aplicação de vários métodos para oleoduto A – G	118
Tabela 50 – resultados do método quantitativo do API 581 BRD	120
Tabela 51 - riscos parciais e integrado para o oleoduto A - G, usando segmentação	121
Tabela 52 – custos por perdas de produção, de equipamento e fatalidade	121
Tabela 53 – critério e custos para estimativas de vazamentos e limpeza	122
Tabela 54 – critério para aplicação de multa ambiental para vazamentos de oleodutos terrestres	123
Tabela 55 – os Subfatores de FE e FM e seu impacto no risco do duto	126
Tabela 56 - precisão dos parâmetros de medição para pig instrumentado conforme especificação do POF	129
Tabela 57 - Diferença porcentual entre as perdas de espessura máxima e média detectadas por pig instrumentado e estimadas por taxa de corrosão medida por coupon	130
Tabela 58 – Resultados de otimização de planos de inspeção com IBR131	

## Siglas

US DOT -	United States Department of Transportation
OPS -	Office Pipeline Safety
CFR -	Code of Federal Regulations
API -	American Petroleum Institute
INMETRO -	Instituto Nacional de Metrologia
POF -	Pipeline Operators Forum
OSHA -	Occupational Safety and Health Administration U S Department of Labor
NFPA -	National Fire Protection Association
AIChE -	American Institute of Chemical Engineers
CCPS -	Center for Chemical Process Safety da AIChE
EPA -	United States Environmental Protection Agency