

O API 581 BRD - MÉTODO QUALITATIVO - NÍVEL I

3.1

Considerações Gerais

O método qualitativo é similar a métodos mais abrangentes tais como o método quantitativo em termos do objetivo esperado, exceto que requer menos detalhes e menos tempo para ser aplicado. Embora seus resultados não sejam tão precisos quanto os obtidos pelo método quantitativo, podem vir a fornecer uma base para a priorização de um programa de IBR. Os resultados do método qualitativo são sempre relativos, nunca absolutos.

Basicamente, a análise qualitativa tem três funções:

- a- Seleção primária dos equipamentos de uma unidade, candidatos a sofrerem uma avaliação mais detalhada e definição dos eventuais benefícios proporcionados pela aplicação de novas técnicas;
- b- Ranqueamento do grau de risco dos equipamentos dentro de uma unidade, posicionando-os dentro de uma matriz de risco;
- c- Identificação de áreas sensíveis na unidade e que devam merecer programas de inspeção melhorados.

A análise qualitativa pode ser executada para uma planta completa (refinaria, por exemplo), unidade de processo (unidade de destilação atmosférica, por exemplo) ou sistema (de aquecimento, por exemplo). Tendo em vista que os resultados do método qualitativo são fortemente influenciados pelo número de equipamentos considerados, recomenda-se para fins comparativos, que sejam avaliados lotes similares. De modo geral, seja qual for o nível usado, este será chamado de unidade ao longo deste trabalho.

Cada oleoduto avaliado neste trabalho foi considerado como sendo um sistema, independentemente de ter ou não estação intermediária entre sua origem e destino, ou de sua extensão. Ou seja, os sistemas constituídos por cada um dos oleodutos estudados foram considerados como unidades.

O API 581 BRD apresenta no seu Apêndice A, planilhas de trabalho, as quais detalham as tabelas e o modo pelo qual são determinados os fatores que definem as categorias de probabilidade e de consequência de falha e, por conseguinte a categoria de risco do

equipamento ou unidade. As planilhas agrupadas na Parte A, abordam a probabilidade de falha enquanto as planilhas da Parte B, as conseqüências de falha.

Para o desenvolvimento deste estudo, as planilhas de trabalho do Apêndice A, Método Qualitativo do API 581 BRD foram transformadas em planilhas do aplicativo Excel, com a transcrição sumarizada das regras e requisitos apresentados no capítulo 5 do documento do API. No Apêndice II desta Tese, para facilidade de visualização e de consulta, se encontram compiladas as planilhas de avaliação de risco do oleoduto A – G⁽⁵⁾, pelo método qualitativo. A seguir serão abordados os pontos mais significativos deste método.

3.2

Parte A - Categoria de Probabilidade de Falha

Nas planilhas da Parte A, são avaliados os seis fatores, descritos a seguir, que afetam a probabilidade de um grande vazamento. Estes fatores definidos em função da condição real do oleoduto, são somados para determinar uma categoria de probabilidade, conforme a Tabela 5, a qual será plotada no eixo vertical da matriz qualitativa de risco, mostrada na Figura 3.

CATEGORIAS DE PROBABILIDADE	
FATOR DE PROBABILIDADE	CATEGORIAS
0 – 15	1
16 – 25	2
26 – 35	3
36 – 50	4
51 – 75	5

Tabela 5 - Categorias de Probabilidade de Falha do Método Qualitativo

3.2.1

Fatores de Probabilidade de Falha

Os fatores de probabilidade são:

- **Fator de equipamento - EF** - é relacionado ao número de equipamentos da unidade em estudo que tem potencial de falha. O EF é limitado a 15 pontos. Oleodutos, mesmo passando em várias estações intermediárias, devem ser considerados como

⁽⁵⁾ - Planilhas similares foram aplicadas aos oleodutos B – A, C – A e X – B. Informações sobre as mesmas podem ser obtidas com o autor, email: pezzi@petrobras.com.br ou com o orientador desta tese, email: jlfreire@mec.puc-rio.br.

sistemas, isto é, seu escopo está limitado a 20 itens. Este número de itens que podem levar à falha é pequeno porque fazem parte de um oleoduto apenas, lançador, válvulas de isolamento, duto propriamente dito e receptor de pig, os quais são todos avaliados durante a corrida do pig de inspeção. Quando há ramais, os mesmos são isolados por válvulas as quais somente são abertas no momento em que o bombeamento intermitente dos ramais é iniciado pelo sistema supervisorio. Na Tabela 6, estão indicadas opções de valores para EF, e os valores obtidos para o oleoduto A – G, em estudo, se encontram assinalados. É importante ressaltar que o EF é um fator relevante para a discriminação do risco dos dutos, e por isto, no subitem 7.2.3 é discutida a alternativa de se usar a extensão do duto como fator discriminatório de probabilidade de falha;

NIVEL DE ABRANGÊNCIA	VALOR DE EF
PLANTA COMPLETA ESCOPO > 150 ITENS	15
UNIDADE 20 < ESCOPO < 150 ITENS	5
SISTEMA 5 < ESCOPO < 20 ITENS	0
MÁXIMO S EF LIMITADO A 15	

Tabela 6 - Valores do Fator de Equipamento - EF - Método Qualitativo, com indicação dos resultados para o oleoduto A – G

- **Fator de probabilidade de dano - DF** - é uma medida do risco associado com os mecanismos de dano atuantes na unidade. Estes mecanismos de dano incluem níveis de corrosão generalizada, trincamento por fadiga, exposição à baixa temperatura e degradação por alta temperatura. O DF final, computados todos os mecanismos de falha possíveis, tem como valor máximo 20 pontos. Os oleodutos selecionados para este estudo, somente têm mecanismos de dano por perda de espessura uniforme, localizada e piteforme, conforme verificado nas inspeções realizadas por pig instrumentado de alta resolução tipo MFL, por vazamento de fluxo magnético, inspeções visuais de correlação da corrida de pig e pela monitoração da corrosão por coupons e sondas. Estas técnicas estão contempladas no plano de inspeção da Tabela 1. Na Tabela 7, estão indicadas opções de valores para DF e os valores obtidos para o oleoduto A – G, em estudo, se encontram assinalados. É importante ressaltar que o DF para o caso de corrosão interna não está proporcionando uma boa discriminação do risco dos dutos por desconsiderar a taxa de corrosão e se ater somente ao mecanismo em si, ou seja, corrosão uniforme ou localizada. Deste modo, no subitem 7.2.3 é discutida a alternativa de se usar a taxa de corrosão atuante no duto como fator discriminatório de probabilidade de falha;
- **Fator de probabilidade de inspeção - IF** - representa uma medida da eficácia do plano de inspeção que estiver sendo aplicado ao equipamento, e sua capacidade de identificar ou prever mecanismos de dano ativos ou passíveis de ocorrer no equipamento. Considera o tipo de inspeção, sua abrangência e o gerenciamento do

programa de inspeção aplicado ao equipamento. O IF pode ser negativo, pois se espera que um bom plano de inspeção possa diminuir a probabilidade de falha do equipamento. O IF tem como valor máximo (-)15 pontos, porém seu valor absoluto não pode ser maior que o DF. O IF para oleodutos deve ser considerado apenas quanto à inspeção de sistema de tubulação e à qualidade do plano de inspeção. Foi considerado que o plano de inspeção dos oleodutos em estudo é abrangente e seguro, pois inclui várias técnicas de inspeção, por exemplo, pig instrumentado, ensaios não destrutivos nas escavações e monitoração de corrosão por coupons e sondas. Na Tabela 8, estão indicadas opções de valores para IF e os valores obtidos para o oleoduto A – G, em estudo, se encontram assinalados;

MECANISMOS DE DANOS ATUANTES CAUSADORES DE	VALOR DE DF
TRINCA EM AÇO CARBONO	DF1=5, NA
FRATURA FRÁGIL CATASTRÓFICA	DF2=4, NA
FADIGA MECÂNICA OU TÉRMICA	DF3=4,NA
ATAQUE POR H2 A ALTA TEMPERATURA	DF4=4, NA
TRINCA POR CORROSAO DE AÇO INOX	DF5=3, NA
CORROSAO LOCALIZADA	DF6=3
CORROSAO UNIFORME	DF7=2
DANO POR FLUÊNCIA	DF8=1, NA
DEGRADAÇÃO DO MATERIAL, FASE SIGMA, CARBONETAÇÃO ETC.	DF9=1, NA
OUTRO DEFEITO	DF10=1, NA
DEFEITOS NÃO ESTUDADOS AINDA	DF11=1, NA
MÁXIMO S DF LIMITADO A 20	

Obs: NA - Não aplicável

Tabela 7- Valores do Fator de Dano - EF - Método Qualitativo, com indicação dos resultados para o oleoduto A - G

- **Fator de probabilidade de condição - CCF** - está relacionado com a condição física do equipamento sob a perspectiva da qualidade do projeto, da manutenção e da preservação das instalações. É obtido por um simples exame visual da instalação. O CCF é limitado a 15 pontos. Para oleodutos devem ser consideradas a especificação e qualidade dos tubos, acessórios visíveis nas partes aéreas e sistemas de controle e segurança, a pintura e conservação das partes aéreas e das estações de bombeamento bem como a operacionalidade do conjunto como um todo. Os oleodutos estudados foram considerados como projetados, conservados e mantidos em níveis similares ao do referencial da indústria. Na Tabela 9, estão indicadas opções de valores para CCF e os valores obtidos para o oleoduto A – G, em estudo, se encontram assinalados;

Fator de probabilidade de processo - PF - é uma medida do potencial de ocorrência de situações anormais ou de descontroles que podem levar a vazamentos. É função do número de paradas programadas ou não, estabilidade do processo e o potencial de falha dos acessórios de proteção devido a bloqueio por depósitos ou outras razões. PF é limitado a um máximo de 15 pontos. O PF para oleodutos avalia a frequência de paradas ou operações com parâmetros operacionais acima do estabelecido em projeto, devido a operações anormais e à falha dos sistemas de segurança. Para os oleodutos em estudo que operam continuamente e de modo estável, considerou-se no máximo, uma parada ao ano. O serviço é considerado como limpo, ou seja, não há bloqueios das válvulas de segurança. Na Tabela 10, estão indicadas opções de valores para PF e os valores obtidos para o oleoduto A – G, em estudo, se encontram assinalados;

MEDIDA DA EFICÁCIA DO PLANO DE INSPEÇÃO APLICADO A	VALOR DE IF
VASO DE PRESSÃO	
PLANO ABRANGENTE, VÁRIAS TÉCNICAS DE INSPEÇÃO E MONITORAÇÃO	IF1=- 5
HÁ PLANO, PORÉM SÓ USA INSPEÇÃO VISUAL E MEDIÇÃO DE ESPESSURA	IF1=- 2
NÃO HÁ PLANO FORMAL IMPLANTADO	IF1=0
SISTEMA DE TUBULAÇÃO	
PLANO ABRANGENTE, VÁRIAS TÉCNICAS DE INSPEÇÃO E MONITORAÇÃO	IF2=- 5
HÁ PLANO, PORÉM SÓ USA INSPEÇÃO VISUAL E MEDIÇÃO DE ESPESSURA	IF2=- 2
NÃO HÁ PLANO FORMAL IMPLANTADO	IF2=0
PLANO DE INSPEÇÃO EM GERAL	
MECANISMO DE DANO FOI IDENTIFICADO, O PLANO FOI ATUALIZADO A PARTIR DO RESULTADO DA INSPEÇÃO E É ACOMPANHADO POR ENGENHEIRO DE MATERIAIS	IF3=- 5
SE O PLANO NÃO PROCURA IDENTIFICAR O MECANISMO DE DANO OU NÃO INCLUI ANÁLISE CRÍTICA DOS REGISTROS DE INSPEÇÃO	IF3= -2
SE O PLANO NÃO ATENDE A QUALQUER UM DOS REQUISITOS ACIMA	IF3=0
MÁXIMO ABS S[IF] < DF E LIMITADO A 15	

Tabela 8 - Valores do Fator de Inspeção - IF - Método Qualitativo, com indicação dos resultados para o oleoduto A - G

- **Fator de probabilidade de projeto mecânico - MDF** - mede o coeficiente de segurança usado no projeto da unidade, se de acordo com as normas atuais e se incorpora aspectos modernos, específicos, complexos ou inovadores. O MDF é limitado a 15 pontos. Para oleodutos deve ser verificado se foram projetados e construídos de acordo com o ASME B31.4 e se são reavaliados e reparados de acordo com códigos ainda vigentes, tais como o ASME B31 G, condições plenamente atendidas para os dutos em estudo. Na Tabela 11 estão indicadas opções de valores para MDF e os valores obtidos para o oleoduto A – G, em estudo, se encontram assinalados.

MEDIDA DA EFICÁCIA DOS ESFORÇOS DE MANUTENÇÃO E PRESERVAÇÃO	VALOR DE CCF
CONSERVAÇÃO DO ITEM	
SUPERIOR AO REFERENCIAL DA INDÚSTRIA	CCF1=0
MESMO NÍVEL DO REFERENCIAL DA INDÚSTRIA	CCF1= 2
ABAIXO DO REFERENCIAL DA INDÚSTRIA	CCF1=5
QUALIDADE PROJETO E CONSTRUÇÃO	
SUPERIOR AO REFERENCIAL DA INDÚSTRIA, PADRÕES MAIS RIGOROSOS	CCF2=0
MESMO NÍVEL DO REFERENCIAL, CONTRATOS PADRÃO	CCF2= 2
ABAIXO DO REFERENCIAL DA INDÚSTRIA	CCF2=5
MANUTENÇÃO, QA/QC ETC.	
SUPERIOR AO REFERENCIAL DA INDÚSTRIA	CCF3=0
MESMO NÍVEL DO REFERENCIAL DA INDÚSTRIA	CCF3= 2
ABAIXO DO REFERENCIAL DA INDÚSTRIA	CCF3=5
MÁXIMO S CCF E LIMITADO A 15	

Tabela 9 - Valores do Fator de Condição - CCF - Método Qualitativo, com indicação dos resultados para o oleoduto A - G

3.3

Partes B e C - Categoria de Conseqüência de Falha

Nas planilhas das Partes B e C do Apêndice A do API 581 BRD são avaliados os sete fatores ligados a risco de fogo e explosão e os quatro fatores ligados a risco à saúde devido à toxicidade do fluido em processo, respectivamente. Os fatores descritos a seguir afetam a conseqüência de um vazamento. Estes fatores ponderados conforme a condição real do oleoduto, vão definir uma categoria de conseqüência de falha, conforme indicadas na Tabela 12. A categoria de conseqüência de falha será plotada no eixo horizontal da matriz qualitativa de risco. Dependendo do tipo de fluido pode-se calcular a categoria de conseqüência da característica predominante, por exemplo, explosividade,

ou então, da característica do fluido cuja massa representa entre 90 - 95% da massa total da mistura. Para fluidos sem predominância de alguma característica dominante, e misturados em proporções equilibradas deve-se calcular a consequência de cada componente e assumir a categoria de consequência de falha mais adversa. Se o fluido não tiver potencial para consequência de chama ou à saúde, a planilha correspondente não deverá ser preenchida.

MEDIDA DO POTENCIAL DE EVENTOS OPERACIONAIS QUE PODEM LEVAR A VAZAMENTOS	VALOR DE PF
INTERRUPÇÕES PROGRAMADAS OU NÃO AO ANO	
0 – 1	PF1=0
2 – 4	PF1=1
5 – 8	PF1=3
9 –12	PF1=4
> 12	PF1=5
POTENCIAL DOS PARÂMETROS OPERACIONAIS SEREM EXCEDIDOS	
OPERAÇÃO ESTÁVEL SEM DESCONTROLE OPERACIONAL QUE LEVE A CONDIÇÃO INSEGURA	PF2=0
CIRCUNSTÂNCIAS MUITO INCOMUNS PODEM LEVAR A CONDIÇÕES INSEGURAS	PF2=1
DESCONTROLE OPERACIONAL PODE ACELERAR OCORRÊNCIA DE DANOS OU CONDIÇÕES INSEGURAS	PF2=3
DESCONTROLE OPERACIONAL É INERENTE AO PROCESSO	PF2=5
POTENCIAL DE INOPERÂNCIA DE DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA DEVIDO A BLOQUEIO POR DEPÓSITOS	
SERVIÇO LIMPO	PF3=0
POTENCIAL MÍNIMO	PF3=1
POTENCIAL SIGNIFICATIVO DE PLUGUEAMENTO	PF3=3
DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO JÁ FORAM BLOQUEADOS DURANTE A OPERAÇÃO	PF3=5
MÁXIMO S PF E LIMITADO A 15	

Tabela 10 - Valores do Fator de Processo PF - Método Qualitativo, com indicação dos resultados para o oleoduto A - G

3.3.1

Fatores de Consequência de Chama

Os fatores de consequência de chama são:

- a- **Fator de consequência química - CF** - mede a tendência natural do fluido à ignição, a qual está relacionada ao seu fator de flasheamento que corresponde a sua classificação segundo a NFPA Classe 1 e, ao seu fator de reatividade que é função

da rapidez com que o fluido pode explodir ao entrar em contato com a fonte de ignição. Estes fatores obtidos das tabelas da NFPA Flammable Hazard Rating e NFPA Reactivity Hazard Rating serão combinados em tabela da planilha B, para definir o CF, cujo valor está limitado a 25 pontos. Para o petróleo escoado nos oleodutos deste estudo, o fator de flash e de reatividade é 1, conforme NFPA 704 Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response [12,704-9]. Na Tabela 13 estão indicadas opções de valores para CF e os valores para o petróleo escoado no oleoduto A – G se encontram assinalados;

MEDIDA DO COEFICIENTE DE SEGURANÇA E ATUALIDADE DO PROJETO	VALOR DE MDF
USO E ATUALIDADE DO CÓDIGO DE PROJETO	
EVIDENCIADA A NÃO UTILIZAÇÃO	MDF1=5
EVIDENCIADA A UTILIZAÇÃO DE CÓDIGO NÃO ATUAL	MDF1=2
EVIDENCIADA A UTILIZAÇÃO E MANUTENÇÃO CONFORME CÓDIGO ATUAL	MDF1=0
PROCESSO COM CONDIÇÕES OPERACIONAIS INCOMUNS	
ACIMA DE 10,000 PSI, 1500 ° F OU CONDIÇÕES EXTREMAMENTE CORROSIVAS REQUERENDO MATERIAIS MAIS NOBRES QUE AISI 316	MDF2=5,NA
CONDIÇÕES NORMAIS DE PROJETO	MDF2=0
MÁXIMO S MDF LIMITADO A	10

Tabela 11 - Valores do Fator de Projeto Mecânico - DMF - Método Qualitativo, com indicação dos resultados para o oleoduto A - G

CATEGORIAS DE CONSEQÜÊNCIA	
FATOR DE CONSEQÜÊNCIA	CATEGORIAS
0 – 19	A
20 – 34	B
35 – 49	C
50 – 79	D
> 70	E

Tabela 12 - Categorias de Conseqüência em função da soma dos fatores de conseqüência de chama e à saúde aplicáveis

- b- Fator de conseqüência de quantidade - QF** - representa a maior quantidade de fluido que poderia vaziar normalmente na ocorrência de um evento de vazamento. O fator está baseado na massa em libras do inventário inflamável passível de ser vazado. QF depende da vazão e da resposta do sistema supervisorio e detecção de vazamentos bem como, do tempo necessário para fechamento das válvulas de isolamento do duto. O QF varia entre 15 e 50 pontos. Na Tabela 14 estão indicadas

opções de valores para QF em função do inventário e o valor para o oleoduto A – G, de 1.800.000 lbs se encontra assinalado;

FATOR DE CONSEQUÊNCIA QUÍMICA - CF DO FLUIDO EM ESCOAMENTO				
FATOR DE FLASH	FATOR DE REATIVIDADE			
	1	2	3	4
1	7	9	12	15
2	10	12	15	20
3	12	15	18	25
4	13	15	20	25

Tabela 13 - Fator químico a partir do Fator de Reatividade e do Fator de Flash, para o petróleo escoado no oleoduto A – G

FATOR DE CONSEQUÊNCIA DE QUANTIDADE –QF	INVENTÁRIO PASSÍVEL DE VAZAMENTO EM lbs
15	<1000
20	1K - 2 K
25	2 K - 10 K
28	10 K - 30 K
31	30 K - 80 K
34	80 K - 200 K
37	200 K - 700 K
39	700 K - 1MM
41	1 - 2 MM
45	2 -10 MM
50	> 10 MM

Tabela 14 - Fator de consequência de quantidade - QF a partir do inventário passível de ser vazado pelo oleoduto A - G

- c- Fator de consequência de estado - SF** - representa a medida da rapidez com que o fluido irá flashear para a fase vapor quando vazado para a atmosfera. É determinado a partir da temperatura média de processo e sua comparação em relação à temperatura de ebulição a pressão atmosférica. O SF varia entre (-3) e 8 pontos. Os oleodutos em estudo operam a uma temperatura máxima de 40 C=104 F, enquanto a temperatura de ebulição da corrente C17 - C 25, representativa do petróleo é 396 F, conforme a Tabela 7-20, do API 581 BRD [9,7-28]. Na Tabela 15 estão indicadas opções de valores para SF e os valores para o oleoduto A – G se encontram assinalados;

FATOR DE CONSEQÜÊNCIA DE ESTADO - SF DO OLEODUTO	TEMPERATURA DE EBULIÇÃO DO FLUIDO EM ESCOAMENTO F
8	ABAIXO (- 100)
6	-100 E 100
5	100 E 250
1	250 E 400
(- 3)	ACIMA DE 400

Tabela 15 - Fator de consequência de estado - SF a partir da temperatura de escoamento e ebulição do fluido em escoamento no oleoduto A – G

- d- Fator de consequência de auto-ignição - AF** - representa o aumento da possibilidade de ignição do fluido vazado a uma temperatura acima de sua temperatura de auto-ignição. O AF varia entre (-10) e 13 pontos. Os oleodutos em estudo operam a uma temperatura máxima de 40 C, enquanto a temperatura de ebulição da corrente C17 -C 25, representativa do petróleo é 396 F, conforme a Tabela 7-20, do API 581 BRD [9,7-28]. Na Tabela 16 estão indicadas opções de valores para AF e os valores para o oleoduto A - G se encontram assinalados;

FATOR DE CONSEQÜÊNCIA DE AUTO IGNIÇÃO - AF DO OLEODUTO	TEMPERATURA DE EBULIÇÃO DO FLUIDO EM ESCOAMENTO F
(-10)	Obs: Se o fluido é escoado a uma temperatura abaixo de sua Temperatura de Auto-ignição
3	ABAIXO DE 0
7	0 – 300
13	ACIMA 300

Tabela 16 - Fator de consequência de auto-ignição - AF a partir da temperatura de escoamento e de auto-ignição e ebulição do fluido em escoamento

- e- Fator de consequência de pressão - PRF** - é a medida de quão rápido o fluido pode escapar do equipamento que o contém. Gases ou líquidos processados a alta pressão (acima de 150 psig) tem maior probabilidade de vazar rapidamente e resultar em um vazamento instantâneo cujas consequências geralmente são mais severas que as de um vazamento do tipo contínuo. O PRF varia entre (-10) e (-15) pontos. O petróleo nos oleodutos em estudo se encontra no estado líquido e se vazado, mantém o estado líquido. Na Tabela 17 estão indicadas opções de valores para PRF e os valores para o oleoduto A – G se encontram assinalados;
- f- Fator de consequência de crédito - CRF** - representa o efeito mitigador que dispositivos de segurança possam ter sobre as consequências em caso de vazamento seguido de incêndio ou explosão. O CRF varia entre (-1) e 0 pontos. Nos

oleodutos em estudo foi considerado que apenas as salas de controle das estações estão protegidas contra fogo e por isto CRF = 0. As demais opções apresentadas no Apêndice A do API 581 BRD [9,A-7] e apresentadas nas planilhas da Parte B de cálculo de consequência para o oleoduto A - G⁽⁶⁾ se encontram no Apêndice II deste estudo, porém não se aplicam a dutos pois se destinam a plantas industriais apenas;

FATOR DE CONSEQÜÊNCIA DE PRESSÃO - PRF DO OLEODUTO	ESTADO FÍSICO E PRESSÃO DO FLUIDO EM ESCOAMENTO °F
(- 10)	SE O FLUIDO DENTRO DO OLEODUTO ESTÁ NO ESTADO LÍQUIDO
(- 10)	SE O FLUIDO DENTRO DO OLEODUTO ESTÁ NO ESTADO GASOSO E PRESSÃO > 150 psig
(-15)	SE NENHUMA DAS CONDIÇÕES ACIMA FOR VERDADEIRA

Tabela 17 - Fator de consequência de pressão - PRF a partir da estado físico e pressão do fluido dentro do oleoduto A - G

g- Fator de consequência de potencial de dano - DPF - representa o potencial de um incêndio ou explosão causar dano aos equipamentos da unidade. É obtido a partir de uma simples estimativa do valor dos equipamentos que podem ser danificados no evento de vazamento de material inflamável ou explosivo. Embora indicado no texto do capítulo 5 do API 581 BRD [9,5-2], no Apêndice A não é apresentada tabela orientativa alguma para a determinação do DPF para vasos. Tendo em vista que os oleodutos em estudo se constituem eminentemente, em instalações extramuros, este fator não deve ser considerado na avaliação de risco pelo método qualitativo. Apenas no método quantitativo, onde se avalia a área afetada por chama pode-se estimar o dano a outros equipamentos quando da passagem do oleoduto nas estações de origem, intermediárias e de destino, por exemplo. Ademais, raramente o vazamento de um oleoduto mesmo seguido de explosão ou incêndio, chega a afetar a integridade dos demais dutos enterrados presentes na faixa onde está instalado.

3.3.2

Fatores de Consequência à Saúde

Os fatores de consequência à saúde devido à toxicidade são:

a- **Fator de quantidade tóxica - TQF** - é a medida da quantidade e da toxicidade do material vazado. A quantidade é função da massa e considerada do mesmo modo

⁽⁶⁾ - Planilhas similares foram aplicadas aos oleodutos B – A, C – A e X – B. Informações sobre estas podem ser obtidas com o autor, email: pezzi@petrobras.com.br ou com o orientador desta tese, email: jlfreire@mec.puc-rio.br.

que o QF na Parte B, enquanto a toxicidade é obtida a partir do fator de toxicidade Nh da NFPA. O TQF final pode variar entre (-5) e 55. Para os oleodutos em estudo, não se considera que o petróleo apresente nível de toxicidade alto e que possa vir a causar conseqüências à saúde e, portanto, o TQF não será calculado;

- b- **Fator de dispersibilidade - DIF** - é a medida da capacidade do fluido tóxico dispersar. É obtido diretamente do ponto de ebulição normal. Quanto mais alto o ponto de ebulição menor a probabilidade do fluido tóxico, vir a dispersar. O DIF varia entre 0,03 e 1. Para os oleodutos em estudo, não se considera que o petróleo apresente nível de toxicidade alto e que possa vir a causar conseqüências à saúde e, portanto, o DIF não será calculado;
- c- **Fator de crédito - CPF** - representa o efeito mitigador que dispositivos de segurança possam ter sobre as conseqüências em caso de vazamento tóxico. O CPF varia entre (-5) e 0 pontos. Para os oleodutos em estudo, não se considera que o petróleo apresente nível de toxicidade alto e que possa vir a causar conseqüências à saúde e, portanto, o CPF não será calculado;
- d- **Fator de população - PPF** - é a medida do número de pessoas que potencialmente possam ser afetadas em caso de evento de vazamento tóxico. O PPF é dimensionado para mostrar que quanto maior a concentração de pessoas junto à zona do evento, menor será a percentagem da população que será afetada. Esta relação está embasada em dados reais obtidos a partir de eventos de vazamentos tóxicos passados. O PPF varia entre 0 e 20 sobre as conseqüências em caso de vazamento tóxico. Para os oleodutos em estudo, não se considera que o petróleo apresente nível de toxicidade alto e que possa vir a causar conseqüências à saúde e, portanto, o PPF não será calculado.

3.4

Parte D - Matriz de Risco

A categoria de probabilidade de falha calculada na Parte A é o resultado da soma dos diversos fatores de probabilidade, conforme consolidado para o oleoduto A - G na Tabela 18. A categoria de conseqüência de falha calculada é a mais alta categoria de conseqüência obtida na comparação entre os resultados das Partes B e C. Para o oleoduto A - G a categoria de conseqüência de chama da Parte B, é o resultado da soma dos diversos fatores de conseqüência, conforme consolidado na Tabela 19. A matriz de risco é formada pela combinação das categorias de probabilidade no eixo vertical com as de conseqüência de chama ou à saúde no eixo horizontal, gerando uma matriz de risco 5 x 5, conforme mostrado na Figura 3, dando a indicação do nível de risco da unidade. Se

forem plotados nesta matriz, os resultados calculados para várias unidades ou para uma unidade que processe vários tipos de fluidos, a urgência e a necessidade de se fazer análises de risco mais detalhadas deve recair na situação de maior risco.

FATORES DE PROBABILIDADE DE FALHA	VALORES
EQUIPAMENTO = EF	0
DANO = DF	5
INSPEÇÃO = IF	(-5)
CONDIÇÃO = CCF	6
PROCESSO = PF	1
PROJETO MECÂNICO = MDF	0
CATEGORIA DE PROBABILIDADE	TOTAL DOS FATORES= 7
1	0- 15

Tabela 18 - Consolidação dos valores dos fatores de probabilidade e da categoria de probabilidade para o oleoduto A - G

FATORES DE CONSEQUÊNCIA DE FALHA	VALORES
QUÍMICO = CF	12
QUANTIDADE = QF	41
ESTADO = SF	1
AUTO-IGNIÇÃO = AF	(-10)
PRESSÃO = PRF	(-10)
CRÉDITO = CRF	0
POTENCIAL DE DANO = DPF	NA
CATEGORIA DE CONSEQUÊNCIA	TOTAL DOS FATORES= 34
B	20 – 34

Tabela 19 - Consolidação dos valores dos fatores de consequência de chama e da categoria de consequência para o oleoduto A –G

A partir de uma matriz com o risco dos vários dutos de uma Unidade de Negócios, pode-se também obter um indicativo dos dutos que requerem maior atenção seja através de mais inspeção ou de outros métodos de redução de risco.

As áreas de risco agrupadas sob uma mesma cor na matriz de risco da Figura 3 indicam mesmo nível de potencial de risco e não são simetricamente distribuídas porque, no API 581 BRD, partiu-se da suposição de que na maioria dos casos, a consequência afeta mais o risco do que a probabilidade.

Para finalizar a avaliação de risco, se observa na matriz de risco da Figura 3, que o risco do oleoduto A – G é categorizado como Baixo, 1 - B.

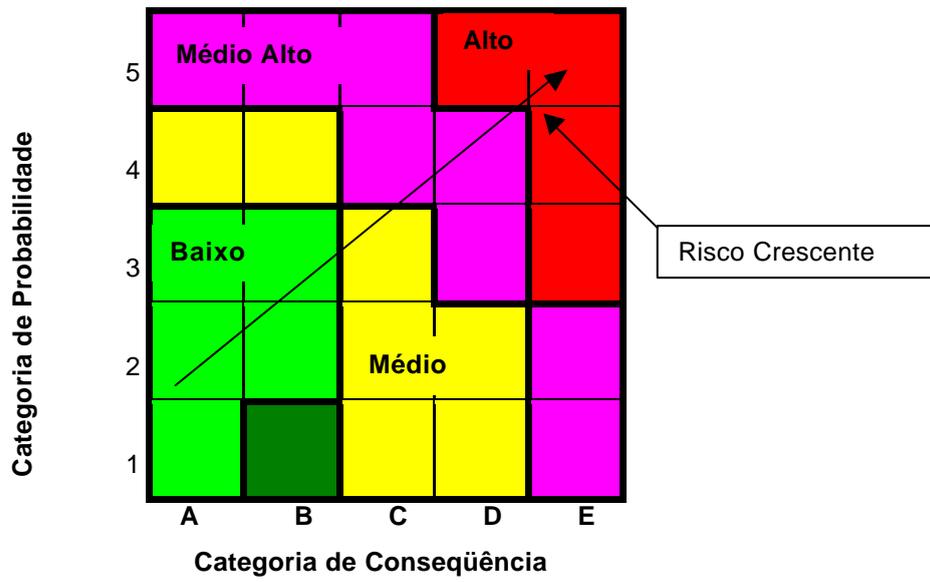


Figura 3 - Matriz de Risco do Método Qualitativo para o oleoduto A – G.