

4. ANÁLISE HISTÓRICA DE ACIDENTES

Neste capítulo é feita uma análise histórica dos acidentes em dutos, que tem por objetivo definir as frequências de ocorrência dos tipos de vazamentos a serem estudados quantitativamente no estudo a partir de fontes de consultas internacionalmente reconhecidas.

O tratamento estatístico dos dados coletados de diversas fontes de consulta corresponde a instalações congêneres e constituídas dos mesmos elementos básicos que compõem o empreendimento em estudo – tubulações de grande extensão de transporte de derivados de petróleo.

Na análise verificou-se que muitos dos acidentes registrados possuíam mais de uma causa e, na maioria das vezes dois efeitos como, por exemplo, vazamento, seguido da ocorrência de explosão e/ou incêndio.



Seus registros compreendem incidentes envolvendo substâncias perigosas que apresentaram conseqüências ou potencial danoso às pessoas envolvidas no empreendimento, à comunidade e ao meio ambiente, incluindo incidentes em diversas atividades, abrangendo um período de mais de trinta anos, incluindo incidentes anteriores que porventura foram documentados.

Para os cálculos das frequências foi realizada uma ampla pesquisa bibliográfica em diferentes referências internacionais recentes, referentes a acidentes em dutos de transporte de derivados de petróleo, conforme explanado na seqüência:

4.1 Banco de Dados de Taxas de Falhas de Gasodutos

4.1.1 Department of Transportation (DOT)

O “Department of Transportation” (DOT) é uma entidade que auxilia o NTSB no tratamento estatístico dos acidentes ocorridos em dutos que transportam líquidos perigosos e gases.

O "Department of Transportation" (DOT) e Special Programs Administration (RSPA), atuam através do Office of Pipeline Safety (OPS), administrando o departamento nacional que

regula programas que asseguram a segurança de transportes de gás natural, petróleo, e outros materiais perigosos através de dutos. O OPS desenvolve regulamentos para gerenciar os riscos e assegurar a segurança no projeto, construção, testes, operação, manutenção e resposta à emergência nas instalações de dutos.

O DOT possui dados estatísticos para dutos que transportam líquidos perigosos e também para gasodutos.

A Tabela 4.1 apresenta o número de acidentes em dutos de transmissão de gás natural pela causa iniciadora no período de 1994 a 1999.

Tabela 4.1 - Número de acidentes em gasodutos segundo tipo de causa iniciadora e ano de ocorrência 1994 à 1999.



Causas iniciadoras	1994	1995	1996	1997	1998	1999	Total 1994-99	% 1994-99
Falha mecânica	9	13	8	12	19	8	69	15,40
Corrosão	33	9	15	21	22	14	114	25,45
Atividades terceiros	23	27	38	28	37	18	171	38,17
Outros	16	15	16	12	21	14	94	20,98
Total	81	64	77	73	99	54	448	100

Fonte. Adaptado Pipeline Statistics. Natural Gas Transmission Incident summary by cause. 1999

Com base nos dados estatísticos fornecidos pelo DOT, pode-se observar que entre as causas iniciadoras estudadas, os acidentes relativos a ação de terceiros são predominantes com 38,17 %, seguido por corrosão, com 25,45 %. Outras causas iniciadoras não estudadas mais detalhadamente representam 20,98 %, enquanto a falha mecânica apresenta 15,40 %.

4.1.2 Pipeline Product Loss Incidentes: 1961-2000, 2nd Report of the UKOPA Fault Database Management Group, ADVANTICA, R. Greenwood, UK, 2002.

Um dos principais objetivos da *UKOPA – United Kingdom On-Shore Pipeline Operators Association* é desenvolver estudos voltados para subsidiar a avaliação dos riscos associados às áreas adjacentes às faixas de dutos.

Nesse segundo relatório publicado foram analisados dados de ocorrências envolvendo

duto operados pela Transco, Shell UK, BP, Huntsman e Powergen UK, no período de 1961 a 2000, compreendendo uma malha 21.860 km de dutos, representando 592.326 km.ano, para o período de 1952 a 2000.

A proposta do banco de dados *MAHPs – Major Accident Hazard Pipelines* é:

- Estimar os tipos de vazamentos e as frequências de ocorrência para os dutos no Reino Unido, com base em taxas de falhas históricas dos dutos;
- Prover informações para a estimativa das taxas de falhas dos dutos do Reino Unido, de forma a subsidiar avaliações de risco baseadas na análise dos danos associados;
- Prover informações realistas e rigorosas para os projetos de dutos e determinar parâmetros de testes com vista a alterações na engenharia dos dutos (espessura das tubulações, diâmetros das linhas, medidas de proteção, etc).

A frequência total de falhas para os dutos período 1961 a 2000 foi estabelecida em $2,89 \times 10^{-4}$ ocorrências/km.ano, sendo que para os últimos cinco anos tal valor caiu para $0,93 \times 10^{-4}$ ocorrências/km.ano, conforme mostra o Gráfico da Figura 4.1.

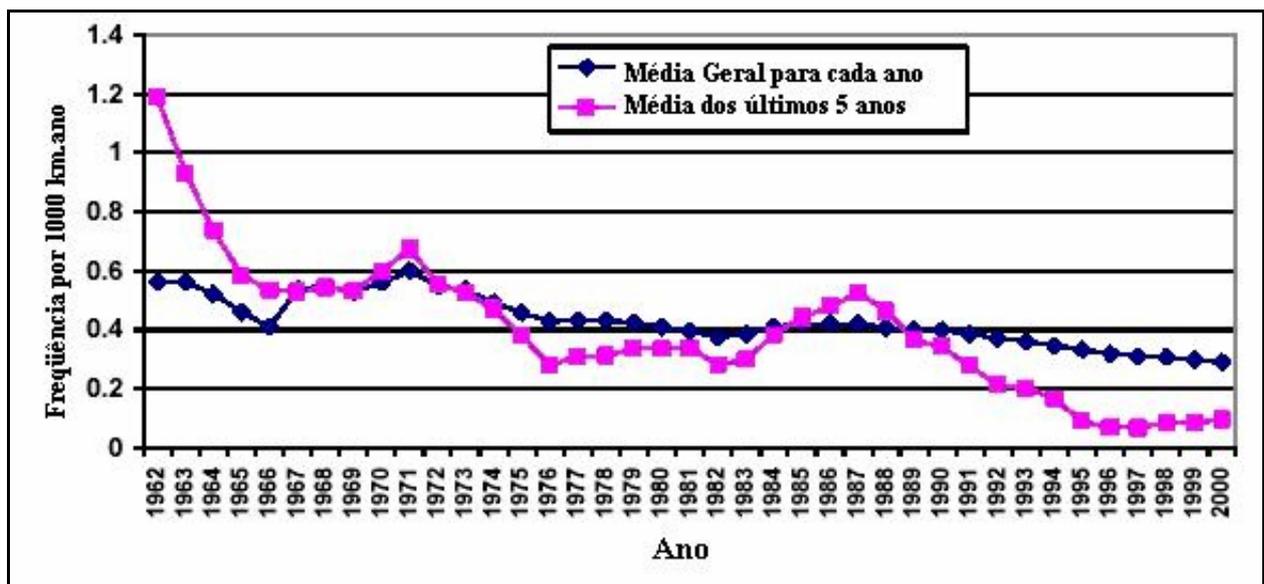


Figura 4.1 – Frequência Total Anual de Falhas em Dutos

A Tabela 4.2 apresenta a distribuição da frequência de ocorrência no período considerado, de acordo com o tamanho do vazamento (furo).

Tabela 4.2 – Frequência Total de Incidentes em Dutos – 1961 a 2000

Tamanho do Furo	Frequência (oc/1000 km.ano)
Ruptura Catastrófica	0,012
≥ 50 mm	0,027
≥ 20 mm	0,061
≥ 6 mm	0,106
Total (0 mm a Ruptura)	0,289

Os dados da base de dados são avaliados sobre diversos outros aspectos, associando as frequências de ocorrência dos vazamentos com diversos fatores e causas, como por exemplo corrosão, movimentações de solo, classe de diâmetro, espessura, defeitos de construção e interferências externas, entre outros.



4.1.3 EGIG – European Gas Pipeline Incident Data Group

No período entre 2001 a 2004, três novas companhias de transmissão de gás se incorporaram ao EGIG. A participação das companhias operadoras participantes dos estudos publicados pelo EGIG são:

- *Danish Gas Technology Centre represented by DONG* (Dinamarca);
- *ENAGAS S. A* (Espanha);
- *FLUXYS* (Bélgica);
- *Gasum* (Finlândia);
- *N. V. Nederlandse Gasunie* (Países Baixos);
- *GRT Gaz* (França);

- *E. ON Ruhrgas AD* (Alemanha);
- *SNAM Rete Gas* (Itália);
- *SWISSGAS AG* (Suíça);
- *National Grid* (Reino Unido);
- *RWE Transgas* (República Theca);
- *Transgas* (Portugal).

O 6th *Report of the European Gas Pipeline Incident Data Group - EGIG* apresenta os dados estatísticos dos incidentes ocorridos em dutos de gás natural da Europa numa malha de 122.000 km de dutos, correspondendo a 2,77 milhões de km-ano, no período de 1970 a 2004.

Os critérios nos quais o banco de dados do EGIG se baseia partem das seguintes premissas para registro dos incidentes:



- Ocorrências não intencionais que redundaram em vazamentos do gás;
- Ocorrências relacionadas com dutos de transmissão de gás *onshore*, não incluindo linhas de produção, com as seguintes características básicas:

- Pressão de projeto maior que 15 bar;
- Tubulações externas às instalações;
- Exclusão dos equipamentos associados, como: válvulas, compressores, etc.

Os danos associados aos incidentes são registrados em classes de vazamentos, de acordo com o porte do vazamento:

- *Pinhole/crack* (Furo pequeno): diâmetro igual ou menor que 2 cm;
- *Hole* (Trinca/Fenda): diâmetro maior que 2 cm e igual ou menor que uma fissura (20% do diâmetro);

- Ruptura: diâmetro total do duto ou fissuras (acima de 20% do diâmetro).

Da mesma forma, os incidentes são divididos de acordo com as causas iniciais, sendo elas classificadas em:

- Interferência Externa;
- Corrosão;
- Defeito de Construção/Falha de Material;
- Falha Operacional;
- Movimentação do Solo;
- Outras ou causas desconhecidas.

Para todos os incidentes, outras informações também são registradas, como por exemplo:



- Altura da cobertura do solo sobre o duto;
- Diâmetro da linha;
- Espessura da parede da tubulação;
- Ano de construção;
- Forma de detecção do vazamento (operador, população, etc);
- Pressão de projeto;
- Tipo de revestimento da tubulação.

Entre as diferentes conclusões desse documento publicado pelo EGIG, relativo à análise dos dados dos incidentes registrados para todo o período entre 1970 e 2004, a principal diz respeito à frequência geral de ocorrência de incidentes, cujo valor é de $4,1 \times 10^{-4}$ ocorrências/km.ano; cabendo, no entanto, ressaltar que essa frequência cai para $1,7 \times 10^{-4}$ ocorrências/km.ano, se considerado o período dos últimos cinco anos do estudo

(2000 a 2004).

O gráfico apresentado na Figura 4.2 apresenta a variação da frequência de ocorrência de incidentes nos gasodutos nos períodos de 1970 a 2004 e de 2000 a 2004, extraída da Figura 12, página 16, do 6th EGIG.

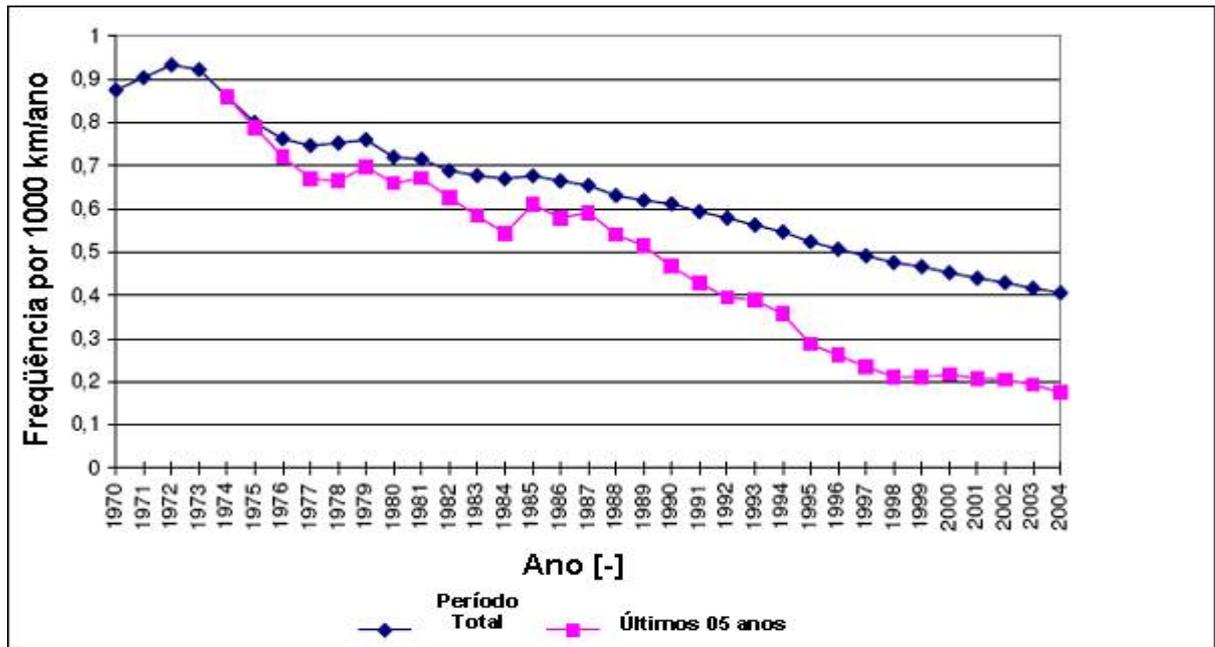


Figura 4.2 – Variação da Frequência de Ocorrência de Incidentes em Gasodutos

A distribuição das causas de todos os incidentes registrados no 6th EGIG-Report, no período de 1970 a 2004, está apresentada na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Causas de Incidentes com Gasodutos – 1970 a 2004 – EGIG

Causa	%
Interferência Externa	49,7
Defeito de Construção/Falha de Material	16,7
Corrosão	15,1
Movimentação de Solo	7,1
Hot-tap made by error*	4,6
Outras	6,7

*Representa uma conexão fabricada com erro de projeto.

Já, o gráfico da Figura 4.3 apresenta a frequência de ocorrência de todos os incidentes registrados no mesmo período (1970 a 2004), de acordo com a causa e o tamanho do vazamento englobando todos os tipos de gasodutos registrados. O Gráfico apresentado a seguir foi extraído

da Figura 18, página 20, do 6th EGIG.

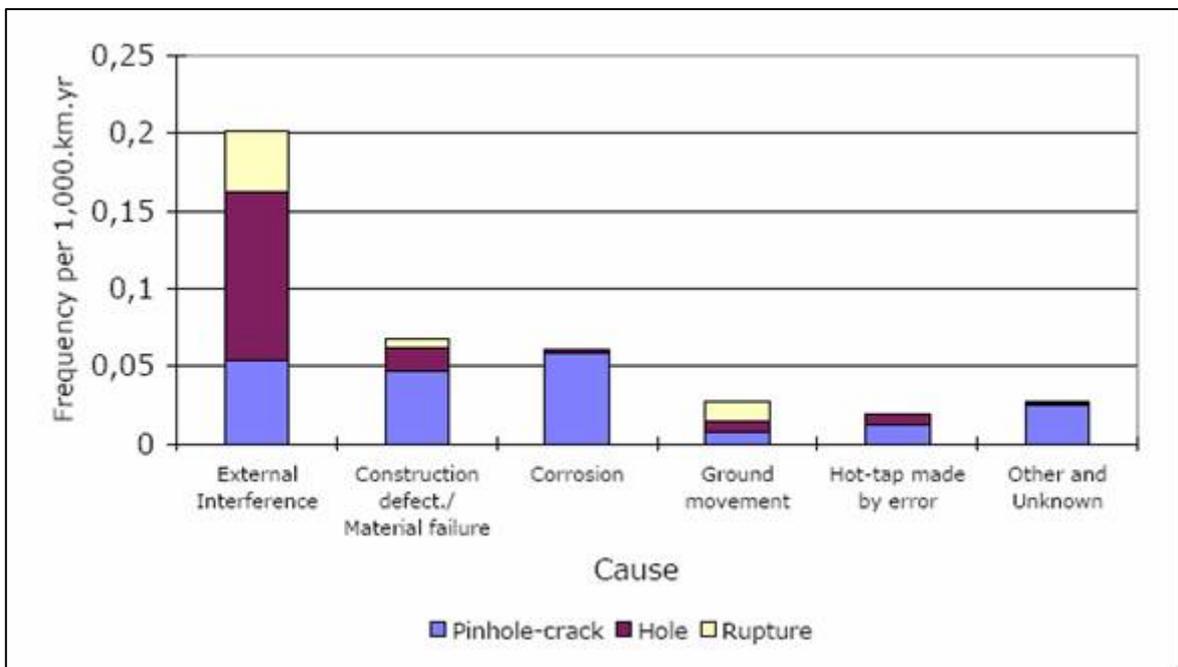


Figura 4.3 – Frequência de Ocorrência de Incidentes por Causa e Tamanho do Vazamento – 1970 a 2004



Um aspecto a ser ressaltado é que, tanto os dados apresentados na Tabela 4.2, como os constantes dos gráficos das Figuras 4.2 e 4.3, referem-se à tabulação dos registros históricos de todos os incidentes registrados na base de dados do 6th *EGIG-Report* no período de 1970 a 2004, não fazendo, portanto, distinção entre diferentes classes ou tipos de dutos, mas representando todos os tipos de instalações enquadradas nos critérios utilizados para cadastro no banco de dados.

A Figura 4.4 apresenta as frequências de ocorrência de incidentes, fazendo distinção entre a classe de diâmetro do gasoduto, e faz referência apenas ao universo amostral específico a esta característica, entre as diversas características específicas que definem os tipos de dutos. O referido gráfico foi extraído da Figura 19, página 22 , do 6th EGIG.

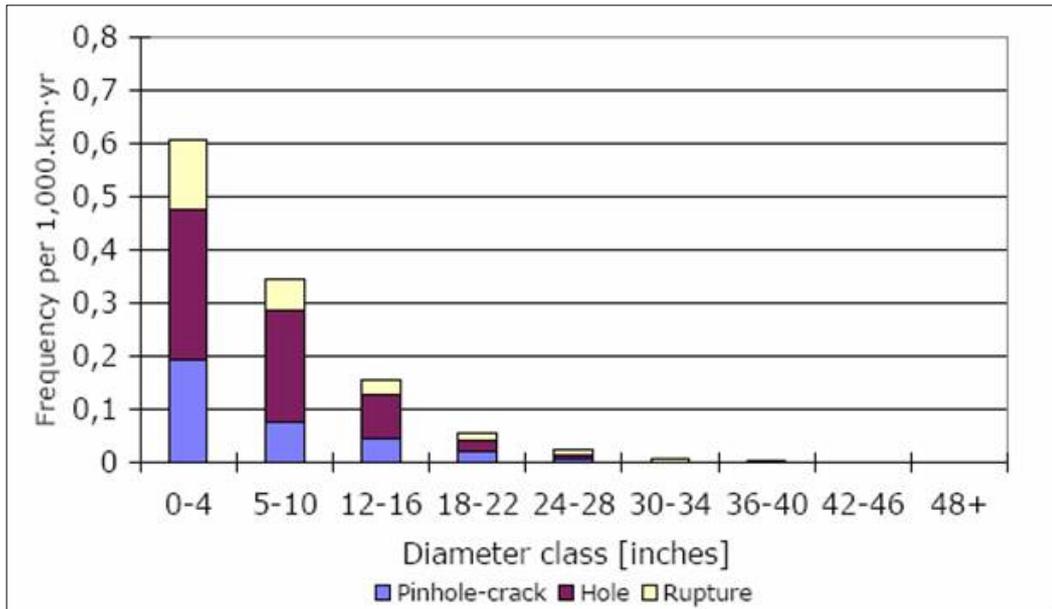


Figura 4.4 – Frequência de Ocorrência de Incidentes por Interferência Externa e Classe de Diâmetro dos Gasodutos



Conforme dados apresentados na Figura 4.4 acima, é possível observar que a frequência de ocorrência de trinca/fenda e ruptura relacionadas às interferências externas, quando confrontadas com a faixa de diâmetros que se encontra o Gasoduto PMXL-1 – UTGCA (30 - 34 in), é muito baixa quando comparada a todo o universo amostral apresentado. Este fato se deve a maior resistência mecânica devido à utilização de maiores espessuras de paredes, bem como menor susceptibilidade a movimentação do solo associados à realização de obras.

Diante das informações, anteriormente, expostas, é esperado que a frequência de ocorrência de incidentes, para o Gasoduto PMXL-1 – UTGCA, tendo em vista suas características construtivas, seja consideravelmente menor que a frequência de ocorrência de incidentes calculada, considerando todo o universo amostral de incidentes em gasodutos, apresentado pelo Banco de Dados do *EGIG*, assim como esperado de ocorrer para os demais Bancos de Dados levantados no decorrer do Capítulo.

4.1.2 Conclusões da Análise Histórica de Banco de Gasodutos

Com base na pesquisa realizada nas diferentes referências anteriormente apresentadas, observa-se que o Banco de Dados Ukopa engloba dutos que movimentam diversos tipos de

produtos, tais como butano, monóxido de carbono, condensado de petróleo, óleo cru, etano, etileno, propileno, GLP, gás natural, propano, não estando relacionados especificamente para gás natural.

Já o Banco de Dados *EGIG*, além de ser específica para dutos de gás natural, é a referência que apresenta o melhor tratamento de dados disponíveis, razão pela qual, no presente trabalho, optou-se por utilizar este Banco de Dados como fonte de referência para a continuidade da estimativa quantitativa das frequências do trecho terrestre do Gasoduto PMXL-1 – UTGCA .

Desta forma, a frequência total estabelecida para o período de 2000 a 2004 pelo *EGIG* é de $1,7 \times 10^{-4}$ oc/km.ano. A frequência proposta engloba todos os tipos de gasodutos (classes de diâmetro, espessura, etc) e também todos os tipos de causas iniciadoras dos vazamentos (interferência externa, corrosão, defeitos de construção, falha de material, movimentação de solos e etc).

A partir desse valor de frequência adotado, o mesmo foi corrigido de forma a retratar os três tipos de vazamentos estudados no presente trabalho, ou seja, furo, fenda e ruptura catastrófica. A Tabela 4.4 apresenta os percentuais de participação para cada tipo de vazamento em dutos de gás natural, extraídos do *EGIG* (Figura 4.3).

Tabela 4.4 – Percentual de Participação

Causas	Frequência / 1000 km.ano		
	Furo	Fenda	Ruptura
Interferências Externas	0,055	0,110	0,035
Defeito Construção/ Falha Material	0,045	0,02	0,005
Corrosão	0,060	0,004	-
Movimentação do Solo	0,005	0,01	0,015
<i>Hot - Tap</i>	0,010	0,008	-
Outras/ Desconhecidas	0,028	0,002	-
Somatória	0,203	0,154	0,055
% Participação	0,49	0,38	0,13

Assim, corrigindo a frequência inicial foram obtidas as frequências específicas para os tipos de vazamentos a partir do diâmetro do duto, conforme apresentado na Tabela 4.5

Tabela 4.5– Frequências das Hipóteses Acidentais para as Diferentes Classes de Vazamento

Classe de vazamento	% Diâmetro	Frequência / Duto de Gás Natural (oc/km.ano)	Taxa de Falha por Classe de vazamento (%)	Frequência Total por Classe de Vazamento (oc/km.ano)
Furo	5 %	1,70E-04	49,0	8,33E-05
Fenda	20 %		38,0	6,46E-05
Ruptura Catastrófica	100 %		13,0	2,21E-05

