

4. ANÁLISE HISTÓRICA

A análise histórica dos acidentes em oleodutos é feita com o objetivo de 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 – dutos de transporte de líquidos inflamáveis.

Para os cálculos das frequências foi realizada uma ampla pesquisa bibliográfica em diferentes referências internacionais recentes, referentes a acidentes em oleodutos, conforme explanado na sequência:

4.1 Banco de Dados Consultados



4.1.1 *Department of Transportation (DOT)*

O *DOT – Department of Transportation* é uma entidade que auxilia o *NTSB – The National Transportation Safety Board* no tratamento estatístico dos acidentes ocorridos em dutos que transportam líquidos perigosos e gases.

O *DOT – Department of Transportation* e o *RSPA – Special Programs Administration*, atuam através do *OPS – Office of Pipeline Safety*, 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 pela causa iniciadora no período de 1996 a 2001.

Tabela 4.1 - Número de acidentes em oleodutos segundo tipo de causa iniciadora e ano de ocorrência 1996 a 2001.

Causas iniciadoras	1996	1997	1998	1999	2000	2001	Total 1996-2001	% 1996-2001
Falha mecânica	8	12	19	8	7	12	66	14,0
Corrosão	15	21	22	14	31	16	119	25,4
Atividades de terceiros	38	28	37	18	20	36	177	37,8
Outros	16	12	21	14	22	22	107	22,8
Total	77	73	99	54	80	86	469	100

Com base nos dados estatísticos fornecidos pelo *DOT*, pode-se observar que entre as causas iniciadoras estudadas, os acidentes relativos à ação de terceiros são predominantes com 37,8 %, seguido por corrosão, com 25,4 %. Outras causas iniciadoras não estudadas mais detalhadamente representam 22,8 %, enquanto a falha mecânica apresenta 14 %.



4.1.2 Pipeline Product Loss Incidentes: 1962-2006, 5th Report of the UKOPA Fault Database Management Group, G. Arunakumar ADVANTICA, UK, 2007.

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 dutos operados pela National Grid, Scotia Gas Network, Northern Gas Network, Wales and West Utilities, Shell UK, BP, Huntsman e E-ON UK, no período de 1962 a 2006, compreendendo uma malha 21.882 km de dutos, representando 700463 km.ano, para o período de 1952 a 2006.

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 1962 a 2006 foi estabelecida em 2,53E-04 ocorrências/km.ano, sendo que para os últimos cinco anos tal valor caiu para 2,80E-05 ocorrências/km.ano, conforme mostra o gráfico da Figura 4.1.

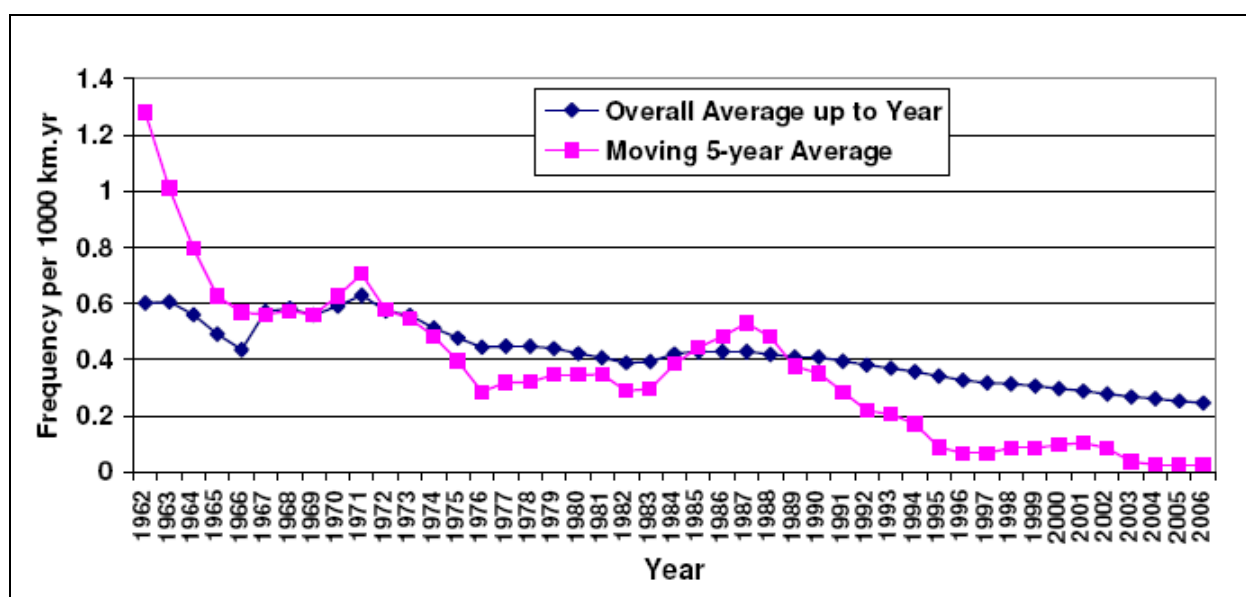


Figura 4.1 – Frequência Total Anual de Falhas em Dutos

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 – 1962 a 2006

Tamanho do Furo	Frequência (oc/1000 km.ano)
> Ruptura Total	0,010
110 mm – Ruptura Total	0,004
40 mm – 110 mm	0,010
20 mm – 40 mm	0,031
6 mm – 20 mm	0,040
< 6 mm	0,158
Total	0,253

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 HSE – Health & Safety Executive

O documento elaborado pelo HSE – Health & Safety Executive e intitulado Risks from Gasoline Pipelines in the United Kingdom, tem como objetivo apresentar uma metodologia de cálculos do risco individual e social para dutos de gasolina, utilizando dados estatísticos obtidos operacionalmente no Reino Unido.

Neste trabalho, foram utilizados dados de dutos de 4 diâmetros diferentes (6”, 8”, 12” e 16”), os quais permitiram investigar a relação entre a espessura, a profundidade de enterramento dos dutos e os efeitos de impactos externos sobre estes e ainda, o efeito da permeabilidade do solo na formação da poça de gasolina.

No estudo do HSE, para permitir uma maior sensibilidade na análise dos dados, foram trabalhadas taxas de falhas de duas fontes diferentes: Concawe Western e Concawe UK.

As Tabelas 4.3 a 4.5 a seguir, obtidas do Concawe, apresentam a distribuição das taxas de falha, separadas por magnitude e tipo de falha.

Tabela 4.3 – Frequência de Incidentes em Dutos de Gasolina com Espessura de 0 a 5 mm

Tipo de Falha	Taxa de falha/1000km.ano				Percentual
	Vazamento	Furo	Ruptura	Total	
Mecânica	0,070	0,056	0,017	0,143	19,4
Operacional	0,023	0,018	0,006	0,047	6,4
Corrosão	0,042	0,033	0,010	0,085	11,5
Natural	0,006	0,005	0,002	0,013	1,8
I.Externo	0,218	0,173	0,054	0,445	60,9
Total	0,359	0,285	0,089	0,733	100
%	49	39	12	-	100

Tabela 4.4 – Frequência de Incidentes em Dutos de Gasolina com Espessura de 5 a 10 mm

Tipo de Falha	Taxa de falha/1000km.ano				Percentual
	Vazamento	Furo	Ruptura	Total	
Mecânica	0,070	0,056	0,017	0,143	34,2
Operacional	0,023	0,018	0,006	0,047	11,2
Corrosão	0,042	0,033	0,010	0,085	20,2
Natural	0,006	0,005	0,002	0,013	3,1
I.Externo	0,064	0,051	0,016	0,132	31,3
Total	0,206	0,164	0,051	0,420	100
%	49	39	12	-	100

Tabela 4.5 – Frequência de Incidentes em Dutos de Gasolina com Espessura de 10 a15 mm

Tipo de Falha	Taxa de falha/1000km.ano				Percentual
	Vazamento	Furo	Ruptura	Total	
Mecânica	0,070	0,056	0,017	0,143	45,9
Operacional	0,023	0,018	0,006	0,047	16,4
Corrosão	0,042	0,033	0,010	0,085	29,5
Natural	0,006	0,005	0,002	0,013	3,3
I.Externo	0,007	0,006	0,002	0,015	4,9
Total	0,148	0,118	0,037	0,303	100
%	49	39	12	-	100

Segundo o estudo, atualmente não há dados suficientes além destes que comprovem o efeito da espessura dos dutos e da profundidade de enterramento nas taxas de falha.

4.1.4 CONCAWE

O relatório *Performance of European Cross – Country Oil Pipelines – Statistical Summary of Reported Spillages in 2006 and since 1971*, publicado em maio de 2008 pelo CONCAWE - *The Oil Companies European Organization and Health Protection* contempla a análise de 449 registros de vazamentos em dutos que transportam petróleo e seus derivados, numa malha de aproximadamente 35.390 km de dutos da Europa Ocidental. Os registros cobrem 36 anos, no período compreendido entre 1971 e 2006.

De forma a retratar a realidade do estudo, será referenciada a taxa de falha para oleodutos mais recentes, referente aos últimos 5 anos, até 2006, cujo valor é de 3,10E-04 oc/km.ano.

Table 2 Five-year comparison by cause, volume and impact: 2002 – 2006

	2002	2003	2004	2005	2006	2002-2006
Combined Length km x 10 ³	34.6	35.3	34.7	34.6	35.4	34.8
Combined Throughput m ³ x 10 ⁶	724	817	847	789	805	794
Combined traffic volume m ³ x km x 10 ⁹	125	143	142	127	130	134
Spillage incidents	14	12	5	11	12	54

Figura 4.2 – Comparação dos acidentes dos últimos cinco anos

Vale ressaltar que este valor representa a média ao longo dos anos, do quociente número de vazamentos/km de duto analisado, ou seja, a taxa de falha em cada ano varia em função do número de acidentes registrados e da extensão do duto considerada.

De forma a avaliar a variação da taxa de vazamento ao longo dos anos, é necessário estudar a variação da extensão da malha de dutos analisada, bem como o número de vazamentos registrados, conforme apresentado a seguir.

A Figura 4.3 apresenta a variação da extensão da malha de dutos avaliada ao longo dos anos.

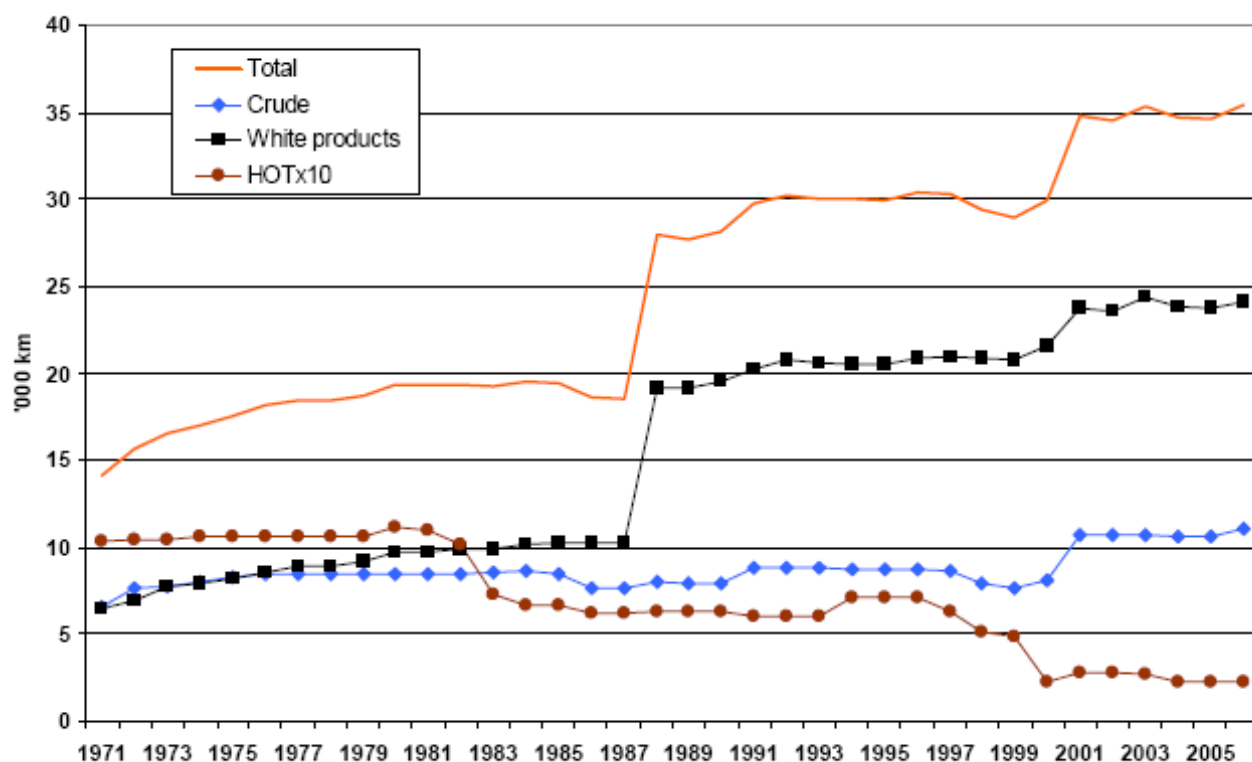


Figura 4.3 – Extensão da malha de dutos analisada no período de 1971 a 2006

Pode-se notar na figura que no primeiro ano de avaliação, foram analisados aproximadamente 15 km de duto, enquanto no último ano de avaliação, a extensão analisada praticamente dobrou, atingindo os 35.390 km citados anteriormente.

A Figura 4.4 a seguir apresenta a variação do número de acidentes registrados ao longo de cada ano, no período de 1971 a 2006.

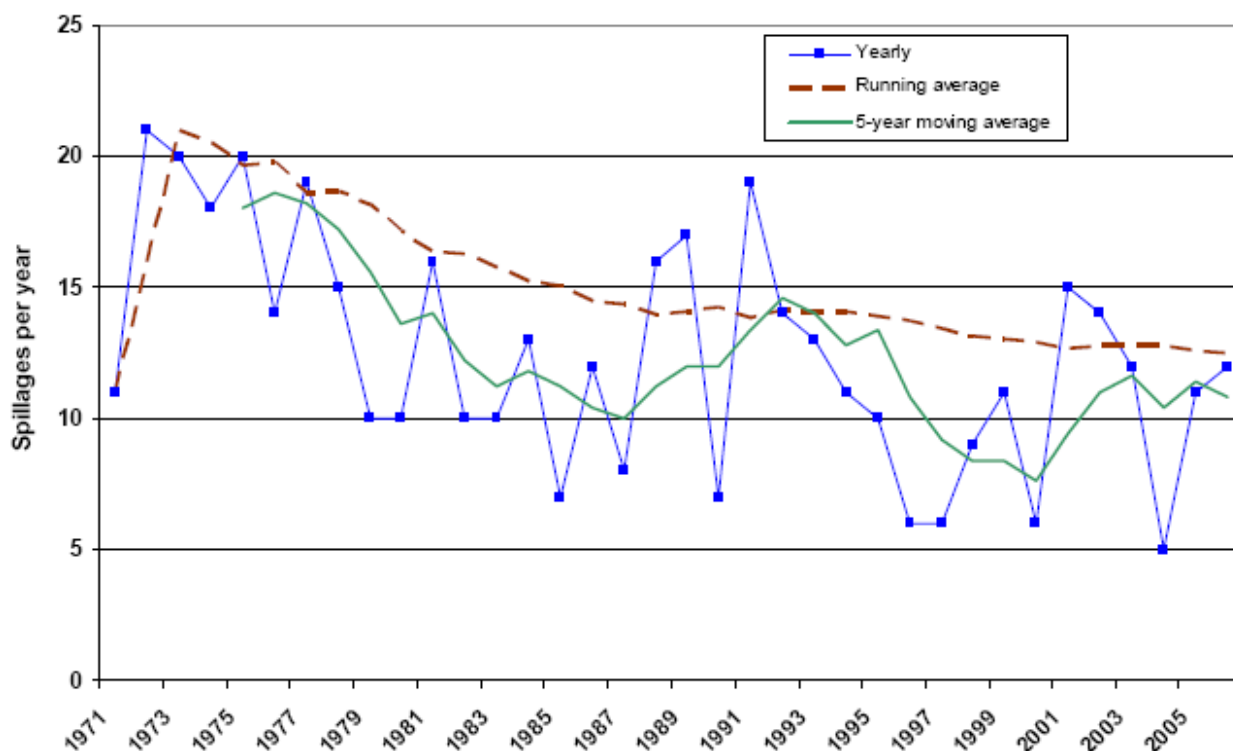


Figura 4.4 – Número de vazamentos registrados por ano ao longo do período de avaliação

Conforme pode-se observar, a taxa de vazamento por km de duto analisado, para os anos referentes ao início do intervalo de observação, são maiores que as taxas para os últimos anos de observação. Por exemplo, para o ano de 1973 foram analisados aproximadamente 17.000 km de duto, sendo registrados 21 vazamentos, totalizando uma taxa de $1,24 \cdot 10^{-3}$ oc/km.ano. Já para o ano de 2006, foram analisados 35.390 km de duto, sendo registrados 12 vazamentos, totalizando uma taxa de $3,40 \cdot 10^{-4}$ oc/km.ano.

O relatório CONCAWE apresenta a tabulação de vários dados sobre furos. Dos 449 registros de vazamentos em dutos, existem informações referentes aos tamanhos em 239 deles (53%), conforme mostra a Tabela 4.6.

Tabela 4.6 – Dados Referentes aos Vazamentos em Dutos segundo a Classificação dos Furos

Item	Classe de Vazamento						Total
	Micro Furo	Ponto	Fissura	Furo	Fenda	Ruptura	
Número de registros	5	22	37	81	48	46	239
Porcentagem (%)	2,1	9,2	15,5	33,9	20,1	19,2	100

A classificação dos tamanhos dos furos apresentada na Tabela 4.6, segundo o relatório CONCAWE é a seguinte:

- Micro Furo – vazamento causado por falha na selagem ou solda;
- Ponto – menor que 2mm x 2mm;
- Fissura – de 2 mm a 75 mm de extensão com no máximo 10% de abertura;
- Furo – de 2 mm a 75 mm de extensão com no mínimo 10% de abertura;
- Fenda – de 75 mm a 1000 mm de extensão com no máximo 10% de abertura;
- Ruptura – maior que 75 mm de extensão com no mínimo 10% de abertura.

Considerou-se no presente estudo, vazamentos segundo três classes: furo, fenda e ruptura total. Desta forma, os valores percentuais de ocorrência extraídos do CONCAWE foram agrupados para as três classes de vazamento utilizadas neste relatório da seguinte forma: para vazamentos de classe furo, foram somados os percentuais de ocorrência do CONCAWE relativos a micro furo, ponto, fissura e furo, totalizando 60,7% das ocorrências; para vazamentos de classe fenda e ruptura utilizaram-se os valores percentuais do CONCAWE relativos à fenda e ruptura respectivamente (20,1% e 19,2% respectivamente).

Tais considerações resultam nas seguintes taxas de falhas para as classes de vazamento, utilizadas para o Poliduto Oeste Paulista:

- Furo: $(0,607).(3,10E-04)$ oc/km.ano = $1,88E-04$ oc/km.ano;
- Fenda: $(0,201).(3,10E-04)$ oc/km.ano = $6,23E-05$ oc/km.ano;
- Ruptura: $(0,192).(3,10E-04)$ oc/km.ano = $6,00E-05$ oc/km.ano.

4.2 Conclusões

O Banco de Dados CONCAWE, a última fonte pesquisada, possui dados para todos os derivados de petróleo, e 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 Poliduto Oeste Paulista, objeto do presente estudo.