

## **6. ANÁLISE DE CONSEQUÊNCIAS E VULNERABILIDADE**

### **6.1 Introdução**

Este capítulo apresenta a metodologia de cálculo e os resultados referentes, tanto à estimativa dos volumes vazados e os respectivos tempos de escoamento para o Poliduto Oeste Paulista em estudo, como também a estimativa dos possíveis efeitos físicos (explosões e incêndios) para as hipóteses acidentais identificadas no Capítulo 5. Além disso, o presente capítulo também apresenta uma análise de vulnerabilidade nos pontos do Poliduto onde há presença de população.

Para o cálculo dos volumes e tempos de escoamento utilizou-se o Programa LEAKMAP, desenvolvido pelo ITSEMAP STM, cuja metodologia encontra-se descrita a seguir. Estes resultados são utilizados como dados de entrada no programa de simulação de consequências (PHAST).



### **6.2 Programa LEAKMAP**

O LEAKMAP é um programa desenvolvido para calcular vazamentos em dutos levando em consideração o perfil longitudinal e as condições operacionais dos mesmos.


#### **6.2.1 Dados de Entrada no Programa LEAKMAP**

Os dados de entrada utilizados no programa levam em consideração as características do duto. Os principais dados de entrada são:

- Pressão atmosférica;
- Coeficiente de descarga;
- Profundidade do duto;
- Diâmetro nominal;
- Espessura da parede do duto;
- Altura manométrica na saída para cada produto;

- Altura manométrica na chegada para cada produto;
- Vazão da bomba;
- Produtos transportados;
- Densidades dos produtos transportados;
- Pressões de vapor dos produtos transportados;
- Perfil hidráulico do duto em coordenadas, sendo o eixo x correspondente à quilometragem do duto e o eixo y as cotas de altura;
- Diâmetro do furo.

Além dos dados anteriormente mencionados, também são inseridos no programa:

- 
- Tempo para cálculo das conseqüências, que é o tempo máximo estimado pelos técnicos da faixa para contenção do vazamento;
  - Tempo de detecção de vazamentos, que corresponde ao tempo de reação do operador para comandar a parada da transferência, uma vez identificada uma grande anormalidade;
  - Tempo de paralisação do bombeamento após detecção, que é o tempo necessário para a paralisação do bombeamento;
  - Tempo de bloqueio das válvulas no duto após a parada do bombeamento corresponde ao tempo médio estimado pelos inspetores de faixa e operação para acesso a cada válvula de bloqueio.

### 6.2.2 Dados de saída do Programa LEAKMAP

Como resultado, o Programa LEAKMAP apresenta uma tabela, conforme a Figura 6.1 a seguir, com os valores de saída para cada acidente em todos os pontos notáveis, sendo composta pelas seguintes colunas:

- (1) **Taxa inicial de vazamento (kg/s)** – vazão inicial no ponto de vazamento;
- (2) **Velocidade inicial de vazamento (m/s)** – velocidade inicial no ponto de vazamento;
- (3) **Área da poça do vazamento até o tempo máx. de x horas (m<sup>2</sup>)** – Área da poça formada pelo volume vazado no tempo máximo de contenção do vazamento (x);
- (4) **Volume vazado até parada do bombeamento (m<sup>3</sup>)** – Volume vazado desde o início do vazamento até parada da bomba;
- (5) **Tempo de fechamento das válvulas de isolamento à montante/jusante (min)** – Tempo de fechamento das válvulas à montante e à jusante do ponto de vazamento;
- (6) **Volume vazado coluna gravitacional (m<sup>3</sup>)** - Volume vazado desde a parada da bomba até o equilíbrio das pressões interna e externa (a pressão interna do duto é igual à pressão atmosférica) e consequentemente ocorre à parada do vazamento;
- (7) **Volume total vazado (m<sup>3</sup>) (4)+(6)** – Volume total vazado, ou seja, a soma do volume vazado até a parada do bombeamento (4) e do volume da coluna gravitacional (6);
- (8) **Tempo de vazamento (hh:mm)** - Tempo de vazamento do volume total vazado (7); ou seja, desde a ocorrência do furo com 5% do diâmetro, furo com 20% do diâmetro ou ruptura até equilíbrio de pressões interna e externa do duto;
- (9) **Área da poça do vazamento (m<sup>2</sup>)** – Área da poça formada pelo volume total vazado (7).



				<b>Acidente 1</b> <b>Tempo detecção do vazamento</b> <b>Tempo parada da bomba</b>								
Hip.	Denominação	km	Altura (m)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
				Taxa inicial de vazamento (kg/s)	Velocidade inicial de vazamento (m/s)	Área da poça do vazamento até o tempo máx. de 6 horas (m <sup>2</sup> )	Volume vazado durante bombeamento (m <sup>3</sup> )	Tempo de fechamento das válvulas de isolamento (min/min)	Volume vazado - coluna gravitacional (m <sup>3</sup> )	Volume total vazado (m <sup>3</sup> )	Tempo de vazamento (h.mm)	Área da poça do vazamento (m <sup>2</sup> )

**Figura 6.1 - Modelo da Planilha de Saída do Programa LEAKMAP**

Assim, de forma a explicar detalhadamente a rotina de cálculo do programa, os itens a seguir apresentam a metodologia de cálculo para obtenção dos resultados apresentados nas colunas da tabela da Figura 6.1.

### 6.2.3 Metodologia de Cálculo do Programa LEAKMAP

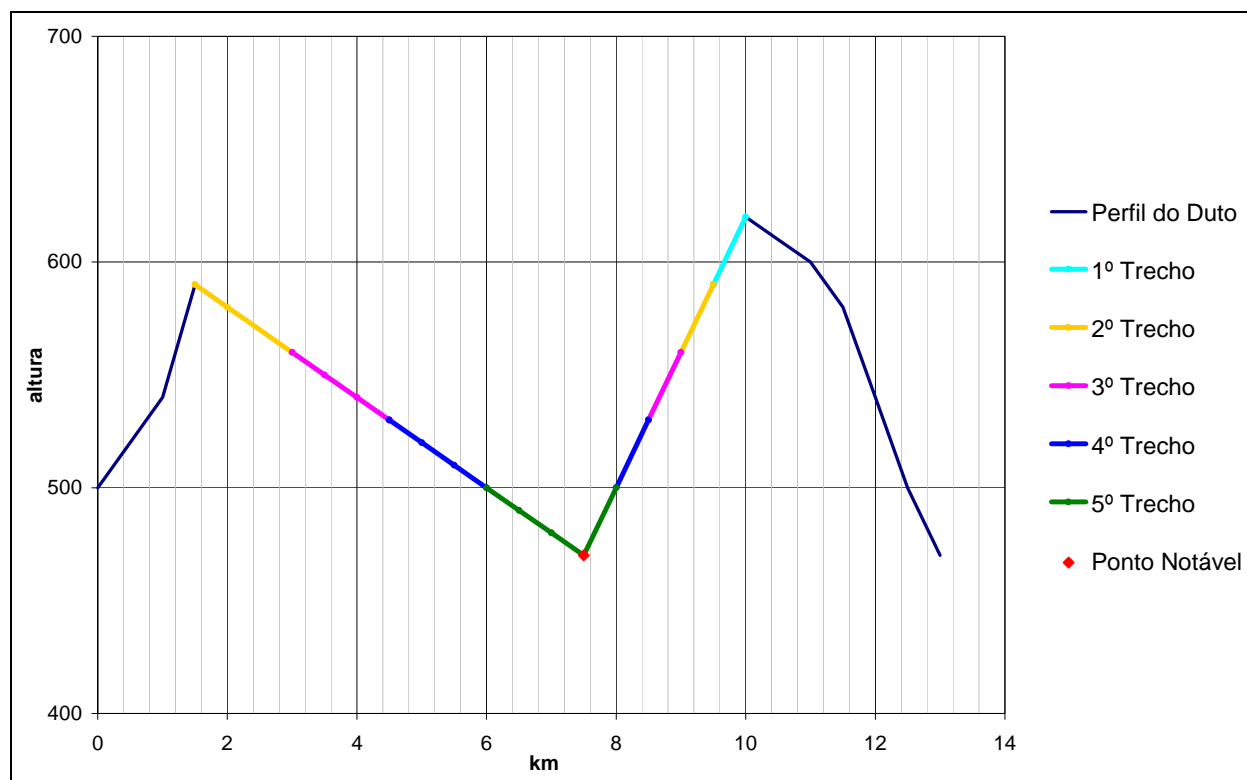
#### 6.2.3.1 Cálculo dos Volumes Vazados Coluna Gravitacional

Para cada um dos pontos notáveis inseridos, o programa verifica quais trechos do duto podem contribuir no vazamento, detectando se os mesmos estão à montante ou à jusante do ponto de vazamento e em quais trechos o vazamento ocorre simultaneamente.

Ressalta-se que os trechos longos são divididos, de forma a se obter os tempos para pequenos trechos, pois como será apresentado posteriormente, o programa considera o tempo de detecção e de fechamento das válvulas intermediárias, bem como a localização das mesmas.



A Figura 6.2 a seguir exemplifica esta etapa do programa.




**Figura 6.2 – Trechos com Possibilidade de Vazamento**

Após verificados os trechos com possibilidade de vazamento, para cada um deles são realizados os seguintes cálculos:

$$CotaMédia = \left( \frac{\sqrt{a} + \sqrt{b}}{2} \right)^2 + h_v \quad (1)$$

Sendo:

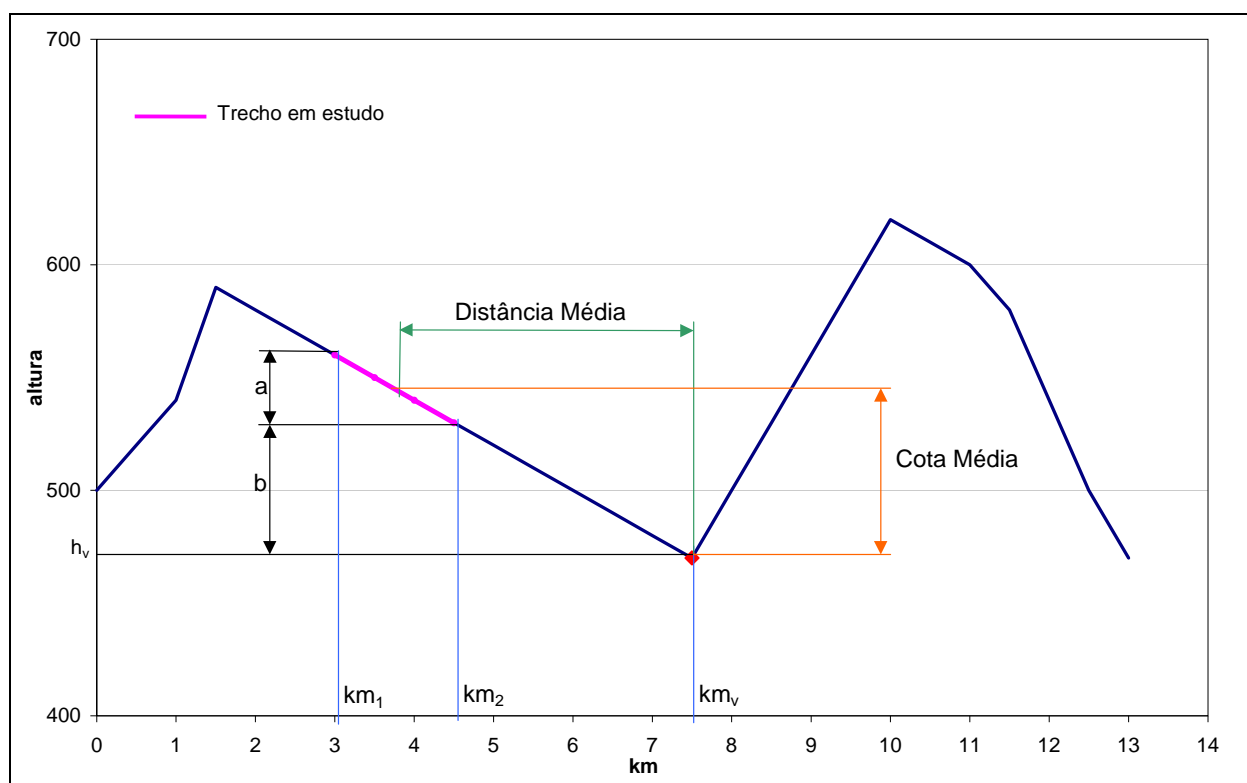
- $a$  - diferença de cotas entre o ponto inicial do trecho em estudo e o ponto de vazamento;
- $b$  - diferença de cotas entre o ponto final do trecho em estudo e o ponto de vazamento;
- $h_v$  - cota do ponto de vazamento.


$$DistânciaMédia = \left| \left( \frac{km_1 + km_2}{2} \right) - km_v \right| \quad (2)$$

Sendo,

- $km_1$  e  $km_2$  - quilometragem dos pontos inicial e final do trecho em estudo respectivamente;
- $km_v$  - quilometragem do ponto de vazamento.

A Figura 6.3 a seguir representa graficamente as fórmulas apresentadas anteriormente.



**Figura 6.3 – Representação Gráfica da Distância Média e Cota Média para um Trecho**

$$AlturaMédia = CotaMédia - h_v \quad (3)$$

$$AlturaAtmosférica = \frac{P_{atm}}{g \cdot \rho} \quad (4)$$

Assim, com base nestes resultados são realizados ainda os seguintes cálculos:

- $P_{atm}$  – Pressão atmosférica, em Pa;
- $g$  - aceleração da gravidade, em  $m/s^2$ ;
- $\rho$  - densidade do produto, em  $kg/m^3$ .

$$AlturaVapor = \frac{P_{vap}}{g \cdot \rho} \quad (5)$$

Sendo,

- $P_{vap}$  – Pressão de vapor do produto, em Pa.

Para líquidos:  $AlturaBloqueio = AlturaAtmosférica$  (6)

Para gases liquefeitos:  $AlturaBloqueio = 0,55.AlturaVapor$

$$AlturaEstática(h_s) = AlturaMédia(h_g) + AlturaVapor(h_{vap}) - AlturaBloqueio \quad (7)$$

Para o cálculo da velocidade média de vazamento em cada trecho o programa realiza o procedimento descrito a seguir, sendo que os cálculos se diferenciam no caso de apenas um lado do duto vazando (como o “1º Trecho” da Figura 6.2) ou dois lados vazando simultaneamente (como nos outros trechos de Figura 6.2).

### Cálculo da Velocidade Média de Vazamento para um Único Lado do duto Vazando

O programa utiliza a seguinte equação:

$$Q = So \cdot Cd \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_t} \quad (8)$$

Sabendo que  $Q = v \cdot St$ , obtém-se:

$$v = \frac{So \cdot Cd}{St} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_t} \quad (9)$$

Onde:

$$K = \frac{So \cdot Cd}{St} \quad (10)$$

Sendo,

- $So$  – Seção do Orifício;
- $St$  – Seção do duto;
- $Cd$  – Coeficiente de descarga.

Conhecendo-se a expressão  $h_t = h_g + h_{vap} - h_{atm} - h_p$ , e utilizando-se a equação (7), obtém-se:



$$v = K \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot (h_s - h_p)} \quad (11)$$

O programa calcula então a altura da perda de carga ( $h_p$ ) no duto, por meio da equação de Bernoulli:

$$h_{\text{manométrica de saída}} + h_{\text{geométrica de saída}} = h_{\text{manométrica de chegada}} + h_{\text{geométrica de chegada}} + h_p \quad (12)$$

E em seguida o fator de fricção ( $f$ ) utilizando a fórmula geral de Darcy-Weisbach:

$$h_p = f \frac{v^2}{2gD} L \quad (13)$$

Sendo,

- $v$  – velocidade de movimentação do líquido, em m/s, calculado com base na vazão e na seção do duto;
- $L$  – comprimento do duto, em m;
- $D$  – diâmetro interno do duto, em m.

Substituindo na equação (11) a altura da perda de carga, equação (13), obtêm-se a equação para o cálculo da velocidade de fuga para o escoamento de um trecho da tubulação, para um único lado de vazamento:

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot K^2 \cdot h_s}{1 + K^2 \cdot f \cdot \frac{L}{Dt}}} \quad (14)$$

### **Cálculo da Velocidade Média de Vazamento para Dois Lados do duto Vazando Simultaneamente**

Para se obter a relação entre as velocidades do líquido nos trechos vazados simultaneamente (com as mesmas alturas iniciais e finais), utiliza-se primeiramente a seguinte expressão:

$$h_t = h_g + h_{vap} - h_{atm} - h_{per1} = h_g + h_{vap} - h_{atm} - h_{per2} \quad (15)$$

Utilizando-se a equação (7), obtém-se:

$$h_s - h_t = \frac{f \cdot L_1}{2g D_t} v_1^2 = \frac{f \cdot L_2}{2g D_t} v_2^2 \quad (16)$$

E posteriormente a relação:

$$v_1 = v_2 \sqrt{\frac{L_2}{L_1}} \quad (17)$$

Sendo,

- $L_1$  e  $L_2$  – distância média do trecho em estudo e do trecho do lado oposto, respectivamente;
- $v_1$  e  $v_2$  – velocidade média do trecho em estudo e do trecho do lado oposto, respectivamente.

Aplicando-se a equação de continuidade de fluxo para ambos os trechos têm-se:

$$v_v \cdot So \cdot Cd = (v_1 + v_2) \cdot St \quad (18)$$

Utilizando-se a equação da velocidade para  $v_v$  (velocidade do vazamento) com os dois lados do duto vazando, e a relação entre as velocidades dos trechos, obtém-se:

$$\sqrt{2 \cdot g \cdot (h_s - h_p)} = v_1 \left( 1 + \sqrt{\frac{L_1}{L_2}} \right) \frac{St}{So \cdot Cd} \quad (19)$$

Substituindo-se a expressão da perda de carga e isolando a velocidade, obtém-se a expressão para o cálculo da velocidade em um dos trechos dos quais ocorre vazamento simultâneo:

$$v_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot h_s}{\left( f \cdot \frac{L_1}{D_t} + \left( 1 + \sqrt{\frac{L_1}{L_2}} \right)^2 \cdot \left( \frac{St}{So \cdot Cd} \right)^2 \right)}} \quad (20)$$

### **Cálculo do Tempo de Vazamento de um Trecho para um Único Lado do duto**

#### **Vazando**

À partir da velocidade média e do comprimento ( $L$ ) do trecho em estudo obtém-se o tempo de escoamento neste trecho com a seguinte equação:

$$t = \frac{L}{v} \quad (21)$$

### **Cálculo do Tempo de Vazamento de Dois Trechos Vazando Simultaneamente**

No caso de dois trechos em lados opostos vazando simultaneamente, considera-se o comprimento de cada trecho ( $L_1$  e  $L_2$ ), bem como as velocidades médias correspondentes:

$$t = \frac{\left(\frac{L_1}{v_1}\right) + \left(\frac{L_2}{v_2}\right)}{2} \quad (22)$$

### **Cálculo da Vazão Média dos Trechos**

A vazão média de cada trecho é obtida à partir dos valores obtidos de velocidade média e da seção do duto ( $St$ ).

Assim, para o caso de um único lado vazando, utiliza-se a fórmula:

$$Q = v.St \quad (23)$$

Já no caso de dois trechos vazando simultaneamente faz-se a soma das velocidades médias:

$$Q = (v_1 + v_2).St \quad (24)$$

### **Cálculos da Taxa Inicial e da Velocidade Inicial de Vazamento**

O cálculo da taxa inicial de vazamento é realizado com base na vazão média calculada para o primeiro trecho de vazamento, em  $m^3/s$ , e na densidade do produto ( $\rho$ ) em  $kg/m^3$ , utilizando a equação:

$$Taxa\ Inicial\ de\ Vazamento = Q.\rho \quad (25)$$

Para o cálculo da velocidade inicial de vazamento também é utilizada a vazão média calculada para o primeiro trecho de vazamento, além da seção do orifício ( $S_o$ ) e do coeficiente de descarga ( $C_d$ ), através da equação:

$$v_i = \frac{Q}{S_o.C_d} \quad (26)$$

### **Cálculo do Volume Total Vazado**

O cálculo do volume total vazado, que no caso de vazamento sem bombeamento é o volume vazado da coluna gravitacional, para um trecho em apenas um lado é obtido com a fórmula:

$$V = St.L \quad (27)$$

No caso de dois trechos em lados opostos vazando simultaneamente, soma-se os comprimentos dos dois trechos para se obter o valor de  $L$ .



Tendo o volume vazado e o tempo de vazamento de cada trecho, o programa calcula o volume vazado no ponto notável, que é a soma de todos os volumes dos trechos, até o momento de equilíbrio das pressões interna e externa do duto, ou seja, por exemplo se no último trecho o valor calculado para Altura Total (equação (7) apresentada anteriormente) for menor ou igual a zero significa que as pressões interna e externa do duto se igualaram e conseqüentemente o volume contido neste trecho não vazará.

Em casos que existam válvulas de bloqueio, o programa considera o tempo de detecção do acidente mais o tempo de fechamento das válvulas e calcula o volume vazado na coluna gravitacional onde está localizada cada válvula somente para este tempo. Por este motivo, o programa faz a divisão do vazamento em pequenos trechos, como apresentado anteriormente na Figura 6.2, pois desta forma obtém os tempos intermediários com menor espaçamento, sendo possível realizar um cálculo de interpolação para o tempo desejado com maior precisão.

### **6.2.3.2. Cálculo dos Volumes Vazados com Bombeamento**

Nos acidentes em que o duto está movimentando produto, ou seja, está com bombeamento, na tabela de resultados alteram-se alguns valores, pois conforme mencionado

anteriormente, considera-se 1 minuto para detecção do vazamento no caso de rupturas e furos com 20% e 5 % do diâmetro, mais 1 minuto para parada da bomba.

Assim, a taxa inicial de vazamento e a velocidade inicial de vazamento são calculadas por meio das seguintes equações:

$$Q_1 = Q_v + Q_2 \quad (28)$$

Sendo,

- $Q_1$  e  $Q_2$  – Vazão volumétrica a montante e a jusante do ponto de vazamento, respectivamente;
- $Q_v$  – Vazão volumétrica do ponto de vazamento.

$$Q_1 = v_1 \cdot St \quad (29)$$

$$Q_2 = v_2 \cdot St \quad (30)$$

$$Q_v = S_o \cdot C_d \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_t} \quad (31)$$

$$h_p = f \frac{v^2}{2gD} L \quad (32)$$

$$h_{m1} + h_{g1} = h_{mv} + h_{gv} + h_{p1} \quad (33)$$

$$h_{mv} + h_{gv1} = h_{m2} + h_{g2} + h_{p2} \quad (34)$$

Dessa forma o programa calcula a taxa de vazamento e a velocidade inicial para cada ponto notável inserido, aplicando as equações apresentadas anteriormente, considerando o comportamento do produto após a ocorrência do furo nos trechos a montante e a jusante do mesmo, ou seja, o programa afere os valores até obter um equilíbrio no comportamento, obtendo assim resultados mais refinados.

A partir da taxa inicial de vazamento, é calculado o volume vazado durante o bombeamento, ou seja, para a soma do tempo de detecção mais o tempo de paralisação da bomba.

### 6.2.3.3 Cálculo do Tempo de Vazamento

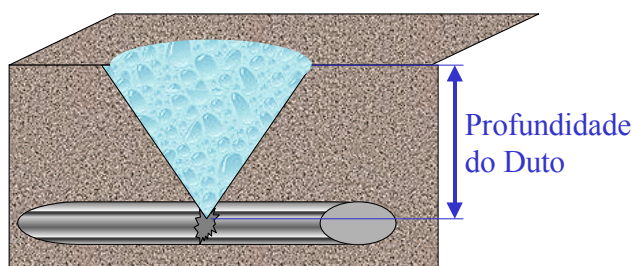
O tempo de vazamento apresentado na tabela de resultados do Programa LEAKMAP está relacionado ao volume vazado, ou seja, é o tempo de vazamento até o equilíbrio das pressões interna e externa do duto.

### 6.2.3.4 Cálculo da Área de Poça

Na tabela de resultados o Programa LEAKMAP apresenta a área da poça para o tempo máximo das consequências inserido no programa, conforme apresentado anteriormente, correspondente ao tempo máximo para contenção do vazamento.

Assim, o programa calcula o volume vazado para o tempo máximo da mesma forma que calcula o volume para um tempo de fechamento de válvulas, conforme apresentado anteriormente. Ressalta-se que se não houver inventário suficiente para ocorrer vazamento no tempo desejado, o programa considera o tempo máximo calculado para vaziar toda a coluna.

Para o cálculo da área da poça formada pelo volume encontrado, o programa considera o comportamento do líquido no vazamento como apresentado na Figura 6.4.



**Figura 6.4 – Comportamento do Vazamento Considerado**

Desta forma, utiliza-se a fórmula do volume de um cone, descrita a seguir:

$$V = \frac{A_{base} \cdot h}{3} \quad (35)$$

Considerando o cone invertido, o volume vazado e  $h$  como a profundidade do duto, obtém-se a fórmula para o cálculo da área da poça:

$$A_{po\grave{c}a} = \frac{V.3}{Prof.Duto} \quad (36)$$

No caso das hipóteses do duto com bombeamento, para o cálculo da área da poça do vazamento para o tempo máximo das consequências considera-se o volume vazado durante o bombeamento mais o volume vazado da coluna gravitacional até o tempo máximo desejado, desconsiderando o tempo de parada da bomba. Por exemplo, se o tempo máximo das consequências for de 5 horas e o tempo de detecção mais parada do bombeamento for de 15 minutos, o programa utilizará o volume vazado com bombeamento para os quinze minutos mais o volume vazado na coluna gravitacional durante 4 horas e 45 minutos.

Estes mesmos cálculos são realizados para a coluna “Área da Poça do Vazamento”, porém para o volume total vazado apresentado anteriormente.

### 6.3 Dados Inseridos e Premissas Consideradas



No presente estudo foram utilizados os seguintes dados de entrada no Programa LEAKMAP:

- Pressão atmosférica = 101325 Pa;
- Coeficiente de descarga = 0,6;
- Profundidade do duto = 1,5 m;
- Diâmetro nominal = 14”, 18”, 20” e 24”;
- Espessura da parede do duto = 0,375”;
- Produtos transportados: Gasolina, Óleo Diesel, Álcool, Querosene e Biodiesel;
- Dados operacionais:

**Tabela 6.1 – Dados de entrada do LeakMap**

<b>Produto</b>	<b>Vazão (m³/h)</b>	<b>Densidade (kg/m³)</b>	<b>Pressão de Vapor (Pa)</b>	<b>Altura manométrica na saída (m)</b>		<b>Altura manométrica na chegada (m)</b>	
Álcool – Trecho 1	1795	791,50	12.748,65	Santa Clara D'Oeste	1750,58	Catanduva	63,11
Gasolina – trecho 1	1795	750,00	79.000,00	Santa Clara D'Oeste	1847,45	Catanduva	66,60
Óleo Diesel – Trecho 1	1795	850,00	29.420,00	Santa Clara D'Oeste	1574,53	Catanduva	56,76
QAV – Trecho 1	1795	804,00	1.400,00	Santa Clara D'Oeste	1723,37	Catanduva	62,13
Biodiesel – Trecho 1	1795	850,00	1.000,00	Santa Clara D'Oeste	1630,1	Catanduva	58,76
Álcool – Trecho 2	2399	791,50	12.748,65	Catanduva	966,8	Itirapina	100,97
Gasolina – trecho 2	2399	750,00	79.000,00	Catanduva	1020,29	Itirapina	106,56
Óleo Diesel – Trecho 2	2399	850,00	29.420,00	Catanduva	869,57	Itirapina	90,82
QAV – Trecho 2	2399	804,00	1.400,00	Catanduva	951,77	Itirapina	99,4
Biodiesel – Trecho 2	2399	850,00	1.000,00	Catanduva	900,26	Itirapina	94,02
Álcool – Trecho 3	3723	791,50	12.748,65	Itirapina	1106,89	Paulínia	12,62
Gasolina – trecho 3	3723	750,00	79.000,00	Itirapina	1168,14	Paulínia	13,32
Óleo Diesel – Trecho 3	3723	850,00	29.420,00	Itirapina	995,58	Paulínia	11,35
QAV – Trecho 3	3723	804,00	1.400,00	Itirapina	1089,68	Paulínia	12,43
Biodiesel – Trecho 3	3723	850,00	1.000,00	Itirapina	1030,71	Paulínia	1030,71




**Tabela 6.1 – Dados de entrada do LeakMap**

Produto	Vazão (m³/h)	Densidade (kg/m³)	Pressão de Vapor (Pa)	Altura manométrica na saída (m)		Altura manométrica na chegada (m)	
Álcool – Trecho 4	1300	791,50	12.748,65	Castilho	1231,84	Lins	63,11
Gasolina – trecho 4	1300	750,00	79.000,00	Castilho	1300,01	Lins	66,6
Óleo Diesel – Trecho 4	1300	850,00	29.420,00	Castilho	1107,96	Lins	56,76
QAV – Trecho 4	1300	804,00	1.400,00	Castilho	1212,69	Lins	62,13
Biodiesel – Trecho 4	1300	850,00	1.000,00	Castilho	1147,06	Lins	58,76
Álcool – Trecho 5	1800	791,50	12.748,65	Lins	1038,74	Itirapina	100,97
Gasolina – trecho 5	1800	750,00	79.000,00	Lins	1096,21	Itirapina	106,56
Óleo Diesel – Trecho 5	1800	850,00	29.420,00	Lins	934,27	Itirapina	90,82
QAV – Trecho 5	1800	804,00	1.400,00	Lins	1022,59	Itirapina	99,4
Biodiesel – Trecho 5	1800	850,00	1.000,00	Lins	967,25	Itirapina	94,02

- Perfil hidráulico do duto, conforme apresentado no Anexo II;
- Tipos de vazamentos e diâmetros dos furos correspondentes:
  - Furo com 5% do diâmetro externo do Poliduto;
  - Furo com 20% do diâmetro externo do Poliduto;
  - Ruptura – 100% do diâmetro externo do Poliduto.

- Tempo para cálculo das consequências estimado pelos técnicos da faixa do Poliduto Oeste Paulista para contenção do vazamento: em no máximo 6 horas;
- Tempo de detecção de vazamentos: para os vazamentos por furo com 5% do diâmetro, 1 minuto, furo com 20% do diâmetro e rupturas (100% do diâmetro) no duto adotou-se um tempo igual a 10 minutos;
- Tempo de paralisação do bombeamento após detecção: estimado em 1 minuto;
- O tempo de bloqueio das válvulas no duto após a parada do bombeamento é de um minuto, este tempo deve-se ao fato de todas as válvulas serem atuadas remotamente não necessitando do deslocamento dos técnicos até o local do vazamento para o fechamento/contenção do mesmo.



A metodologia de cálculo empregada no Poliduto teve como limites, as válvulas de bloqueio situadas nas extremidades do Poliduto, localizadas nos Centros de Coletas e Tancagens - CCTs, ou seja, o volume vazado foi calculado entre os seguintes trechos:

- CCT Santa Clara d'Oeste – CCT Catanduva;
- CCT Catanduva – Entroncamento em Itirapina;
- Itirapina – Paulínia;
- CCT Castilho – CCT Lins;
- CCT Lins – Entroncamento em Itirapina.

#### **6.4 Valores Obtidos no Programa LEAKMAP**

Os resultados obtidos pelo Programa LEAKMAP estão apresentados no Anexo V, onde podem ser observados os valores de taxa e velocidade de vazamento, bem como os volumes vazados de todos os pontos notáveis levantados ao longo do traçado do poliduto em estudo.

#### **6.5 Simulações das Consequências dos Acidentes**

As simulações de consequências foram realizadas considerando os seguintes aspectos:

- Valores utilizados no cálculo das simulações para o Risco Individual: consideraram-se os maiores valores representativos para cada Município obtidos pelo LEAKMAP, ou seja, foram levantados os maiores valores de taxa e velocidade de vazamento e área da poça para os municípios, tanto do trecho leste como do trecho oeste, atravessados pelo poliduto em análise;
- Valores utilizados no cálculo das simulações para o Risco Social: foram selecionadas e simuladas cinco áreas representativas de maior concentração populacional presentes ao longo da faixa, sendo uma área em cada Trecho atravessado pelo poliduto em análise. Portanto, para cada Trecho utilizou-se os maiores valores de taxa de vazamento, velocidade de vazamento e área de poça obtidos pelo LEAKMAP e utilizou-se como representativo para todo o trecho em análise.
- Nos cálculos foram considerados os respectivos tempos de vazamento, sendo que foi adotado um tempo máximo de 6 horas, correspondente ao tempo médio desde a parada das bombas até a contenção do vazamento.
- O diâmetro de gota foi calculado a partir da expressão apresentada abaixo, retirada do memorial de cálculo do programa PHAST versão 6.53.1.

$$d_{da} = \frac{\sigma W_{crit}}{u_{pf}^2 \rho_a}$$

Onde  $\sigma$  é a tensão superficial do líquido em N/m,  $u_{pf}$  é a velocidade de fuga em m/s,  $\rho_a$  é a densidade do ar em kg/m<sup>3</sup> e  $We_{crit}$  é o valor do número de Weber crítico, tendo como valor recomendado do TNO purple book o valor igual a 15.

A tabela 6.2 abaixo mostra os valores de diâmetro de gota para os cenários de ruptura, fenda e furo para todas as hipóteses.

**Tabela 6.2 – Valores de diâmetro de gota por hipótese**

Produto	Bombeamento	Trecho	Estação Meteorológica	Diâmetro de Gota (m)		
				Ruptura	Fenda	Furo
Etanol	Sim	Santa Clara d'Oeste - Catanduva	Barretos	3,01E-02	2,72E-03	1,58E-03
		Catanduva - Itirapina		2,10E-02	2,65E-03	1,96E-03
		Itirapina – Paulínia	Replan	2,42E-02	3,06E-03	1,93E-03
		Paulínia – Itirapina		2,02E-02	2,65E-03	1,90E-03
		Itirapina – Catanduva	Barretos	2,13E-02	3,18E-03	1,97E-03
		Catanduva – Santa Clara d'Oeste		2,71E-02	2,77E-03	1,54E-03
	Não	Santa Clara d'Oeste - Catanduva	Barretos	3,71E-02	6,91E-03	6,50E-03
		Catanduva - Itirapina		2,17E-02	3,58E-03	3,28E-03
		Itirapina – Paulínia	Replan	4,99E-02	4,32E-03	3,49E-03
		Paulínia – Itirapina		4,99E-02	4,32E-03	3,49E-03
		Itirapina – Catanduva	Barretos	2,17E-02	3,58E-03	3,28E-03
		Catanduva – Santa Clara d'Oeste		3,71E-02	6,91E-03	6,50E-03
Gasolina	Sim	Santa Clara d'Oeste - Catanduva	Barretos	2,41E-02	2,15E-03	1,23E-03
		Catanduva - Itirapina		2,17E-02	2,95E-03	1,79E-03
		Itirapina – Paulínia	Replan	1,93E-02	2,42E-03	1,51E-03
		Paulínia – Itirapina		1,65E-02	2,09E-03	1,49E-03
		Itirapina – Catanduva	Barretos	2,13E-02	3,13E-03	1,54E-03
		Catanduva – Santa Clara d'Oeste		2,11E-02	2,19E-03	1,20E-03
	Não	Santa Clara d'Oeste - Catanduva	Barretos	2,65E-02	5,31E-03	4,98E-03
		Catanduva - Itirapina		1,74E-02	2,86E-03	2,60E-03
		Itirapina – Paulínia	Replan	4,99E-02	4,32E-03	3,49E-03
		Paulínia – Itirapina		4,99E-02	4,32E-03	3,49E-03
		Itirapina – Catanduva	Barretos	1,74E-02	2,86E-03	2,60E-03
		Catanduva – Santa Clara d'Oeste		2,65E-02	5,31E-03	4,98E-03
Etanol	Sim	Castilho - Lins	Jaú	2,49E-02	2,66E-03	1,79E-03
		Lins - Itirapina		2,42E-02	2,70E-03	1,90E-03
		Itirapina - Lins		2,77E-02	2,78E-03	1,79E-03
		Lins – Castilho		2,20E-02	3,26E-03	1,94E-03

**Tabela 6.2 – Valores de diâmetro de gota por hipótese**

Produto	Bombeamento	Trecho	Estação Meteorológica	Diâmetro de Gota (m)		
				Ruptura	Fenda	Furo
Etanol	Não	Castilho - Lins	Jaú	3,71E-02	7,27E-03	5,88E-03
		Lins - Itirapina		3,63E-02	3,90E-03	3,28E-03
		Itirapina - Lins		3,63E-02	3,90E-03	3,28E-03
		Lins – Castilho		3,71E-02	7,27E-03	5,88E-03
Gasolina	Sim	Castilho - Lins	Jaú	1,99E-02	2,10E-03	1,40E-03
		Lins - Itirapina		1,96E-02	2,14E-03	1,49E-03
		Itirapina - Lins		2,01E-02	2,19E-03	1,40E-03
		Lins – Castilho		1,77E-02	2,58E-03	1,52E-03
	Não	Castilho - Lins		2,82E-02	5,60E-03	4,54E-03
		Lins - Itirapina		2,97E-02	3,11E-03	2,60E-03
		Itirapina - Lins		2,97E-02	3,11E-03	2,60E-03
		Lins – Castilho		2,82E-02	5,60E-03	4,54E-03



A Tabela 6.3 apresenta os maiores valores representativos de cada Estação Meteorológica, extraídos das tabelas de resultados do Programa LEAKMAP apresentadas no Anexo V, utilizados para os cálculos das consequências para os Riscos.

Ressalta-se que na Tabela 6.3 são apresentadas às nomenclaturas a serem consideradas nas hipóteses desta etapa até a finalização dos cálculos de risco do presente estudo.

**Tabela 6.3 – Hipóteses Acidentais Seleccionadas para Simulação – Maiores Taxas de Vazamento de Cada Estação**

Trecho	Bombeamento	Diâmetro do duto (in)	Estação Meteorológica	Classe	Taxa de vazamento (kg/s)	Velocidade de Vazamento (m/s)	Área da Poça (m²)
Santa Clara d'Oeste - Catanduva- Álcool (T1-A)	Sim	18	Barretos	Ruptura	700,2	9,0	1167,7
				Fenda	120,7	38,7	1380,1
				Furo	33,5	171,6	55,8
	Não			Ruptura	604,5	7,8	3390,2
				Fenda	125,6	40,3	2405,2
				Furo	9,8	50,2	331,4
Santa Clara d'Oeste - Catanduva – Gasolina (T1-G)	Sim			Ruptura	663,8	9,0	1493,9
				Fenda	298,9	101,1	851,7
				Furo	32,5	176,2	177,8
	Não			Furo	603,4	8,2	3609,5
				Ruptura	121,5	41,1	2574,1
				Fenda	9,9	53,6	138,0
Catanduva - Itirapina – Álcool (T2-A)	Sim	20	Barretos	Ruptura	1243,7	12,9	4455,7
				Fenda	393,4	102,2	1339,2
				Furo	33,3	138,6	294,1
	Não			Ruptura	1201,0	12,5	2722,6
				Fenda	290,9	75,6	2866,1
				Furo	21,0	87,3	502,1
Catanduva - Itirapina – Gasolina (T2-G)	Sim			Ruptura	1162,0	12,7	4626,1
				Fenda	377,2	103,4	1651,9
				Furo	32,4	142,2	363,4
	Não			Ruptura	1144,1	12,5	2910,9
				Fenda	276,9	75,9	3067,8
				Furo	20,1	88,2	530,1

**Tabela 6.3 – Hipóteses Acidentais Seleccionadas para Simulação – Maiores Taxas de Vazamento de Cada Estação**

Trecho	Bombeamento	Diâmetro do duto (in)	Estação Meteorológica	Classe	Taxa de vazamento (kg/s)	Velocidade de Vazamento (m/s)	Área da Poça (m²)
Itirapina - Paulinia – Álcool (T3-A)	Sim	24	Replan	Ruptura	1551,8	11,2	3604,2
				Fenda	490,3	88,4	7117,5
				Furo	48,7	140,6	515,5
	Não			Ruptura	752,7	5,4	6299,9
				Fenda	348,1	62,8	2812,9
				Furo	26,9	77,7	745,2
Itirapina - Paulinia – Gasolina (T3-G)	Sim			Ruptura	1476,9	11,2	3890,1
				Fenda	471,6	89,8	2930,0
				Furo	47,4	144,3	577,1
	Não			Ruptura	711,2	5,4	2100,0
				Fenda	333,1	63,4	3230,3
				Furo	25,8	78,7	782,9
Castilho - Lins – Álcool (T4-A)	Sim	14	Jaú	Ruptura	516,3	10,9	1127,9
				Fenda	192,4	102,0	587,8
				Furo	17,8	151,0	155,7
	Não			Ruptura	343,7	7,3	435,0
				Fenda	70,4	37,3	820,1
				Furo	5,4	46,1	247,7
Castilho - Lins – Gasolina (T4-G)	Sim			Ruptura	486,6	10,9	1182,7
				Fenda	185,2	103,6	652,1
				Furo	17,3	155,0	177,0
	Não			Ruptura	342,8	7,7	517,5
				Fenda	69,3	38,8	894,9
				Furo	5,3	47,8	259,9

**Tabela 6.3 – Hipóteses Acidentais Seleccionadas para Simulação – Maiores Taxas de Vazamento de Cada Estação**

Trecho	Bombeamento	Diâmetro do duto (in)	Estação Meteorológica	Classe	Taxa de vazamento (kg/s)	Velocidade de Vazamento (m/s)	Área da Poça (m²)
Lins - Itirapina – Álcool (T5-A)	Sim	18	Jaú	Ruptura	873,8	11,2	8498,1
				Fenda	313,2	100,4	1701,2
				Furo	27,8	142,4	270,0
	Não			Ruptura	582,1	7,5	7025,4
				Fenda	216,9	69,5	6790,8
				Furo	16,1	82,6	250,6
Lins - Itirapina – Gasolina (T5-G)	Sim			Ruptura	817,5	11,1	8644,2
				Fenda	300,1	101,6	1926,3
				Furo	27,0	146,0	304,1
	Não			Ruptura	278,5	3,8	1886,6
				Fenda	206,6	69,9	7047,8
				Furo	14,6	78,8	704,6
Paulinia - Itirapina – Álcool (T3i-A)	Sim	24	Replan	Ruptura	1860,7	13,4	9403,0
				Fenda	567,8	102,4	6178,1
				Furo	49,4	142,5	574,0
Paulinia - Itirapina – Gasolina (T3i-G)	Sim			Ruptura	1728,3	13,2	9524,2
				Fenda	545,5	103,8	4593,9
				Furo	48,0	146,2	625,0
Itirapina - Catanduva – Álcool (T2i-A)	Sim	20	Barretos	Ruptura	1218,5	12,7	7100,4
				Fenda	328,4	85,3	5336,8
				Furo	33,1	137,6	602,2
Itirapina - Catanduva – Gasolina (T2i-G)	Sim			Ruptura	1157,3	12,7	7377,9
				Fenda	316,1	86,6	5755,7
				Furo	32,1	140,9	626,2



**Tabela 6.3 – Hipóteses Acidentais Seleccionadas para Simulação – Maiores Taxas de Vazamento de Cada Estação**

Trecho	Bombeamento	Diâmetro do duto (in)	Estação Meteorológica	Classe	Taxa de vazamento (kg/s)	Velocidade de Vazamento (m/s)	Área da Poça (m²)
Catanduva - Santa Clara d'Oeste – Álcool (T1i-A)	Sim	18	Barretos	Ruptura	782,1	10,0	4694,6
				Fenda	304,7	97,7	1687,0
				Furo	34,3	176,2	301,5
Catanduva - Santa Clara d'Oeste – Gasolina (T1i-G)	Sim			Ruptura	757,5	10,3	4942,6
				Fenda	293,0	99,1	1922,9
				Furo	33,4	180,8	336,4
Itirapina - Lins – Álcool (T5i-A)	Sim	18	Jaú	Ruptura	958,8	12,3	8675,5
				Fenda	259,5	83,2	6381,6
				Furo	27,2	139,8	647,0
Itirapina - Lins – Gasolina (T5i-G)	Sim			Ruptura	907,6	12,3	8874,8
				Fenda	249,1	84,3	6444,4
				Furo	26,4	143,0	662,1
Lins - Castilho – Álcool (T4i-A)	Sim	14	Jaú	Ruptura	462,9	9,8	1216,7
				Fenda	183,7	97,4	306,4
				Furo	17,8	151,3	29,8
Lins - Castilho – Gasolina (T4i-G)	Sim			Ruptura	480,6	10,8	1247,8
				Fenda	177,1	99,1	311,7
				Furo	17,4	155,3	30,5

**Tx-A** – Trecho em análise transportando álcool;

**Tx-G** – Trecho em análise transportando Gasolina;

**Txi-A** – Trecho em análise transportando álcool no sentido inverso;

**Txi-G** – Trecho em análise transportando Gasolina no sentido inverso;

Em função da velocidade do vento e da temperatura ambiente, foram selecionadas as categorias de estabilidade atmosférica, para as condições meteorológicas selecionadas. A Tabela 6.4 apresenta as Categorias de Estabilidade de Pasquill.

**Tabela 6.4 – Categorias de Estabilidade de Pasquill**

Velocidade do Vento a 10 m (V em m/s)	Período Diurno			Período Noturno	
	Insolação			Nebulosidade	
	Forte	Moderada	Fraca	Parcialmente Encoberto	Encoberto
$V \leq 2$	A	A – B	B	F	F
$2 < V \leq 3$	A – B	B	C	E	F
$3 < V \leq 5$	B	B – C	C	D	E
$5 < V \leq 6$	C	C – D	D	D	D
$V > 6$	C	D	D	D	D

A – extremamente instável; B – moderadamente instável; C – levemente instável; D – neutra; E – levemente estável; F – moderadamente estável.

FONTE: CETESB



Com base na velocidade do vento das estações meteorológicas apresentada no Capítulo 2, pode-se determinar as seguintes categorias de estabilidade para o período diurno e noturno:

- Barretos: Categoria B no Período Diurno e E no Período Noturno
- Jaú: Categoria B no Período Diurno e D no Período Noturno;
- REPLAN: Categoria “B” no Período Diurno e “F” no Período Noturno;

### 6.5.1 Efeitos Físicos

Os valores de interesse (*endpoints*) adotados foram os seguintes:

- Incêndio de poça: distâncias correspondentes aos de níveis de fatalidade de 1%, 50% que correspondem a níveis de radiação térmica de 12,5 kW/m<sup>2</sup> e 37,5 kW/m<sup>2</sup>;
- Sobrepressões: distâncias correspondentes aos níveis de fatalidade de 1% e 50%, que correspondem aos níveis de sobrepressão de 0,1 bar e 0,3 bar, utilizando o programa PHAST 6.53.1, modelo TNT.
- *Flashfire*: distância correspondente ao Limite Inferior de Inflamabilidade (LII).

Ressalta-se que os níveis de fatalidade utilizados são preconizados na Norma CETESB P4.261 “*Manual de Elaboração de Estudos de Análise de Risco*”, revisão 1 de maio de 2003.

As Tabelas 6.5 apresenta o resumo dos resultados obtidos nas simulações do Poliduto Oeste Paulista, enquanto os relatórios de saída do *PHAST* encontram-se no Anexo VI.



**Tabela 6.5 – Resumo dos Resultados Obtidos nas Simulações – Poliduto Oeste Paulista**

Hipótese	Tamanho	Distâncias de Interesse (m)													
		Flash		Nível de Radiação (kW/m <sup>2</sup> )						VCE (bar)					
				Dia			Noite			Dia			Noite		
		Dia	Noite	37,5	25	12,5	37,5	25	12,5	0,3	0,2	0,1	0,3	0,2	0,1
T1 -A com Bombeamento de Etanol	Fenda (Impinge)	14,78	15,09	26,10	37,21	52,15	26,62	38,17	52,76	18,70	21,16	27,42	17,75	19,94	25,52
	Fenda (Vertical)	0,06	0,06	45,05	56,16	71,11	47,77	59,32	73,91	*	*	*	*	*	*
	Furo (Impinge)	6,49	6,24	5,22	6,58	11,99	5,22	6,77	12,23	7,47	8,17	9,95	*	*	*
	Furo (Vertical)	0,04	0,04	87,37	102,51	123,88	122,21	137,58	158,38	*	*	*	*	*	*
	Ruptura	2,03	1,03	25,18	35,68	49,71	25,28	36,23	49,93	*	*	*	*	*	*
T1 -A sem Bombeamento de Etanol	Fenda (Impinge)	19,75	19,09	35,24	48,68	67,16	36,02	49,81	67,88	25,47	28,67	36,84	27,08	30,48	39,18
	Fenda (Vertical)	0,06	0,06	56,69	70,12	88,60	62,19	75,98	94,05	*	*	*	*	*	*
	Furo (Impinge)	7,84	7,12	11,81	17,97	27,19	12,00	18,50	27,59	8,78	9,85	12,57	9,48	10,75	13,98
	Furo (Vertical)	0,04	0,04	50,17	61,06	75,59	53,58	64,87	79,13	*	*	*	*	*	*
	Ruptura	4,84	10,67	43,36	58,38	79,51	43,97	59,26	79,94	10,03	11,45	15,07	27,49	29,60	35,00
T1i -A com Bombeamento de Etanol	Fenda (Impinge)	14,27	18,34	29,06	41,02	57,15	29,73	42,04	57,80	17,30	19,36	24,62	26,28	29,47	37,60
	Fenda (Vertical)	0,06	0,06	188,03	220,83	275,79	208,18	240,55	294,52	*	*	*	*	*	*
	Furo (Impinge)	8,10	9,47	11,17	17,06	26,04	11,39	17,58	26,43	8,64	9,66	12,28	9,46	10,72	13,93
	Furo (Vertical)	0,04	0,04	86,85	102,05	123,50	122,01	137,47	158,40	*	*	*	*	*	*
	Ruptura	3,16	1,43	52,36	69,01	93,03	52,94	69,81	93,33	12,41	14,50	19,83	20,00	21,41	25,02
T1 -G com Bombeamento de Gasolina	Fenda (Impinge)	31,51	44,65	*	*	18,99	*	*	19,36	34,17	38,17	48,38	52,15	58,40	74,36
	Fenda (Vertical)	0,08	0,07	*	*	33,79	*	*	84,62	*	0,08	0,09	*	0,07	45,30
	Furo (Impinge)	17,97	23,43	8,53	8,53	17,48	8,53	8,54	18,06	17,05	19,04	24,12	24,99	27,80	35,00
	Furo (Vertical)	0,05	0,04	*	67,54	70,93	*	107,29	115,28	*	*	*	*	*	*
	Ruptura	84,50	122,27	*	*	24,45	*	*	24,53	109,76	123,80	159,65	117,61	133,46	173,93
T1 -G sem Bombeamento de Gasolina	Fenda (Impinge)	71,75	69,68	*	*	29,64	*	*	29,78	61,18	69,45	90,53	63,92	71,08	92,11
	Fenda (Vertical)	0,08	0,07	*	*	47,02	*	*	51,55	*	0,08	1,00	*	0,07	10,92
	Furo (Impinge)	14,57	17,69	7,64	8,33	17,54	7,64	8,47	18,28	16,42	18,23	22,85	17,69	19,87	25,41
	Furo (Vertical)	0,05	0,04	*	*	40,49	*	*	41,06	*	*	*	*	*	*
	Ruptura	84,38	135,32	*	*	35,86	*	*	35,73	88,54	102,72	138,94	160,83	179,41	226,83

**Tabela 6.5 – Resumo dos Resultados Obtidos nas Simulações – Poliduto Oeste Paulista**

Hipótese	Tamanho	Distâncias de Interesse (m)													
		Flash		Nível de Radiação (kW/m²)						VCE (bar)					
				Dia			Noite			Dia			Noite		
		Dia	Noite	37,5	25	12,5	37,5	25	12,5	0,3	0,2	0,1	0,3	0,2	0,1
T1i -A com Bombeamento de Gasolina	Fenda (Impinge)	47,32	68,80	*	*	25,77	*	*	26,22	56,14	62,10	77,33	78,26	87,65	111,60
	Fenda (Vertical)	0,08	0,07	*	*	125,80	*	*	142,28	*	*	*	*	*	*
	Furo (Impinge)	23,06	30,02	*	11,36	17,01	*	11,36	17,47	24,69	27,42	34,40	34,15	38,14	48,34
	Furo (Vertical)	0,05	0,04	*	76,18	80,11	105,53	105,55	115,05	*	*	*	*	*	*
	Ruptura	122,28	162,95	*	*	42,22	*	*	42,29	136,23	153,63	198,03	172,09	191,30	240,30
T2 -A com Bombeamento de Etanol	Fenda (Impinge)	17,47	17,32	25,67	36,67	51,44	26,20	37,61	52,04	18,59	21,01	27,20	19,08	21,64	28,18
	Fenda (Vertical)	0,07	0,06	217,58	253,30	313,73	235,89	271,27	330,92	*	*	*	*	*	*
	Furo (Impinge)	7,62	9,03	11,03	16,82	25,75	11,24	17,32	26,13	8,55	9,55	12,11	9,35	10,57	13,70
	Furo (Vertical)	0,04	0,04	82,75	98,40	120,62	96,40	112,28	133,88	*	*	*	*	*	*
	Ruptura	6,15	2,83	51,68	68,05	91,59	52,96	69,55	92,59	*	*	*	*	*	*
T2 -A sem Bombeamento de Etanol	Fenda (Impinge)	22,08	22,42	38,75	52,95	72,74	39,62	54,14	73,50	27,20	30,72	39,70	26,04	29,15	37,10
	Fenda (Vertical)	0,07	0,06	181,04	213,82	268,74	195,22	227,67	281,80	*	*	*	*	*	*
	Furo (Impinge)	9,57	9,17	14,93	22,49	32,88	15,22	23,16	33,33	8,41	9,37	11,82	9,42	10,67	13,85
	Furo (Vertical)	0,04	0,04	61,69	75,55	94,71	68,83	82,98	101,70	*	*	*	*	*	*
	Ruptura	7,31	2,64	40,23	54,23	73,62	41,19	55,47	74,44	*	*	*	*	*	*
T2i -A com Bombeamento de Etanol	Fenda (Impinge)	30,59	29,67	53,87	71,21	96,49	55,13	72,65	97,41	33,52	37,72	48,45	38,09	43,19	56,22
	Fenda (Vertical)	0,07	0,06	94,96	112,30	137,57	217,73	251,36	307,71	*	*	*	*	*	*
	Furo (Impinge)	10,76	10,86	16,51	24,68	35,73	16,80	25,40	36,20	9,01	10,15	13,04	10,20	11,67	15,41
	Furo (Vertical)	0,04	0,04	82,84	98,48	120,67	96,66	112,57	134,22	*	*	*	*	*	*
	Ruptura	6,57	2,86	65,73	84,66	112,97	66,92	85,95	113,70	*	*	*	*	*	*
T2 -G com Bombeamento de Gasolina	Fenda (Impinge)	45,69	65,89	*	*	23,94	*	*	24,43	50,35	56,10	70,76	76,80	85,78	108,69
	Fenda (Vertical)	*	*	*	*	144,54	*	*	158,91	*	*	*	*	*	*
	Furo (Impinge)	22,98	30,12	*	11,77	17,03	*	11,77	17,49	24,93	27,74	34,89	34,44	38,52	48,92
	Furo (Vertical)	0,05	0,04	*	*	65,02	*	*	72,83	*	*	*	*	*	*
	Ruptura	138,17	47,35	*	*	41,86	*	*	42,20	176,19	196,28	247,56	112,36	129,96	174,88

**Tabela 6.5 – Resumo dos Resultados Obtidos nas Simulações – Poliduto Oeste Paulista**

Hipótese	Tamanho	Distâncias de Interesse (m)													
		Flash		Nível de Radiação (kW/m²)						VCE (bar)					
				Dia			Noite			Dia			Noite		
		Dia	Noite	37,5	25	12,5	37,5	25	12,5	0,3	0,2	0,1	0,3	0,2	0,1
T2 -G sem Bombeamento de Gasolina	Fenda (Impinge)	82,96	81,39	*	*	32,26	*	*	32,41	76,11	85,24	108,55	94,55	105,72	134,21
	Fenda (Vertical)	*	*	*	*	69,63	*	*	140,77	*	*	*	*	*	*
	Furo (Impinge)	34,18	32,01	*	14,00	17,37	*	14,00	17,74	33,87	37,76	47,69	31,00	35,03	45,33
	Furo (Vertical)	0,05	0,04	*	*	49,00	*	*	55,74	*	*	*	*	*	*
	Ruptura	137,00	41,68	*	*	33,45	*	*	34,20	132,73	152,02	201,24	78,15	95,39	139,40
T2i -G com Bombeamento de Gasolina	Fenda (Impinge)	111,89	109,08	*	*	43,82	*	*	43,82	109,13	119,37	150,26	97,86	109,86	141,61
	Fenda (Vertical)	*	*	*	*	85,24	*	*	147,51	*	*	4,50	*	*	38,12
	Furo (Impinge)	36,95	34,37	*	*	17,76	*	*	18,16	39,43	43,70	54,59	36,07	40,49	51,78
	Furo (Vertical)	0,05	0,04	*	*	68,11	*	*	80,35	*	*	*	*	*	*
	Ruptura	161,31	63,45	*	*	51,95	*	*	52,27	178,41	199,80	254,39	113,88	132,35	179,49
T3 -A com Bombeamento de Etanol	Fenda (Impinge)	43,52	37,54	61,51	80,03	108,71	62,22	81,06	109,76	56,81	64,38	83,70	36,51	41,59	54,56
	Fenda (Vertical)	*	*	265,39	304,70	372,43	109,46	128,30	157,00	*	*	*	*	*	*
	Furo (Impinge)	12,63	9,39	14,91	22,15	32,67	15,04	22,52	33,09	11,47	13,29	17,95	9,66	10,98	14,33
	Furo (Vertical)	0,04	0,04	107,22	124,24	150,03	90,12	107,49	133,41	*	*	*	*	*	*
	Ruptura	*	7,88	44,42	59,24	81,15	44,91	60,06	81,99	*	*	41,96	*	7,88	7,88
T3 -A sem Bombeamento de Etanol	Fenda (Impinge)	22,76	26,24	38,08	52,01	71,90	37,65	51,26	71,14	26,96	30,57	39,78	37,37	42,28	54,79
	Fenda (Vertical)	*	*	68,16	82,09	101,98	205,36	240,80	301,31	*	*	*	*	*	*
	Furo (Impinge)	11,81	12,36	18,43	27,15	39,18	18,28	26,70	38,70	16,77	18,68	23,56	11,16	12,90	17,33
	Furo (Vertical)	0,04	0,04	65,05	79,89	101,30	82,38	97,01	118,54	*	*	*	*	*	*
	Ruptura	30,31	52,13	58,49	76,61	103,95	57,78	75,57	102,89	35,65	41,80	57,47	66,50	73,98	93,06
T3i -A com Bombeamento de Etanol	Fenda (Impinge)	41,56	35,42	57,12	74,80	101,91	57,76	75,78	102,91	55,65	62,89	81,37	33,54	38,39	50,77
	Fenda (Vertical)	*	*	284,31	325,30	396,20	245,57	286,64	357,43	*	*	*	*	*	*
	Furo (Impinge)	13,12	9,75	15,81	23,40	34,33	15,96	23,79	34,77	18,14	20,43	26,29	9,87	11,24	14,75
	Furo (Vertical)	0,04	0,04	127,64	144,73	170,66	89,95	107,38	133,40	*	*	*	*	*	*
	Ruptura	55,79	42,70	71,15	91,38	123,42	71,99	92,51	124,58	73,43	82,87	106,95	43,29	49,44	65,13

**Tabela 6.5 – Resumo dos Resultados Obtidos nas Simulações – Poliduto Oeste Paulista**

Hipótese	Tamanho	Distâncias de Interesse (m)													
		Flash		Nível de Radiação (kW/m²)						VCE (bar)					
				Dia			Noite			Dia			Noite		
		Dia	Noite	37,5	25	12,5	37,5	25	12,5	0,3	0,2	0,1	0,3	0,2	0,1
T3 -G com Bombeamento de Gasolina	Fenda (Impinge)	105,09	60,97	*	*	31,55	*	*	31,55	122,60	137,45	175,35	72,11	79,76	99,28
	Fenda (Vertical)	35,12	*	*	*	183,10	*	*	142,29	54,92	60,54	74,89	*	*	*
	Furo (Impinge)	42,07	28,96	*	*	17,28	*	*	17,48	47,34	53,64	69,73	32,60	36,16	45,24
	Furo (Vertical)	86,80	0,05	*	*	109,70	*	*	74,93	85,75	88,77	96,46	*	*	*
	Ruptura	201,45	153,41	*	*	37,67	*	*	37,32	254,29	286,55	368,88	154,53	177,43	235,85
T3 -G sem Bombeamento de Gasolina	Fenda (Impinge)	90,74	106,58	*	*	33,08	*	*	33,08	80,03	89,28	114,07	123,42	138,50	176,98
	Fenda (Vertical)	*	*	*	*	60,80	*	*	155,44	*	*	*	*	*	*
	Furo (Impinge)	41,48	41,88	*	*	18,48	*	*	18,31	42,49	47,30	59,58	41,45	47,21	61,91
	Furo (Vertical)	0,05	49,04	*	*	49,20	*	*	62,33	*	*	*	46,03	49,41	58,04
	Ruptura	79,20	158,53	*	*	27,09	*	*	27,04	76,24	89,20	122,26	178,61	199,39	252,42
T3i -A com Bombeamento de Gasolina	Fenda (Impinge)	130,81	109,55	*	*	39,25	*	*	39,25	149,13	167,23	213,42	97,15	108,21	136,44
	Fenda (Vertical)	35,22	*	*	*	199,68	*	*	144,94	55,09	60,76	75,24	*	*	*
	Furo (Impinge)	42,71	29,80	*	*	17,57	*	*	17,61	52,82	59,27	75,71	33,07	36,76	46,17
	Furo (Vertical)	99,72	0,05	*	*	123,65	*	*	73,75	96,95	99,76	106,92	*	*	*
	Ruptura	203,21	161,76	*	*	56,08	*	*	56,08	225,77	252,81	321,80	146,84	164,01	209,05
T4 -A com Bombeamento de Etanol	Fenda (Impinge)	11,41	8,80	16,92	26,29	36,60	17,42	27,69	37,32	10,60	12,18	16,22	9,16	10,34	13,33
	Fenda (Vertical)	0,05	0,05	183,83	210,91	253,89	181,50	207,59	248,69	*	*	*	*	*	*
	Furo (Impinge)	7,53	5,95	8,05	12,62	20,12	8,05	13,21	20,61	*	7,53	12,98	*	5,95	9,93
	Furo (Vertical)	0,04	0,04	88,33	102,15	118,12	94,36	108,87	123,95	*	*	*	*	*	*
	Ruptura	3,40	4,59	27,93	39,59	52,53	29,95	42,53	54,64	*	*	*	*	*	*
T4 -A sem Bombeamento de Etanol	Fenda (Impinge)	8,19	11,24	21,14	32,54	43,32	20,47	30,99	42,53	9,28	10,49	13,57	10,46	12,00	15,94
	Fenda (Vertical)	0,05	0,05	107,72	128,32	156,43	99,39	120,39	150,24	*	*	*	*	*	*
	Furo (Impinge)	6,31	6,48	10,56	17,24	25,36	10,32	16,36	24,80	7,73	8,50	10,47	7,95	8,79	10,91
	Furo (Vertical)	0,04	0,04	47,88	58,72	68,91	41,90	51,83	62,76	*	*	*	*	*	*
	Ruptura	3,76	1,64	17,48	26,54	35,45	15,92	24,11	33,60	*	*	*	*	*	*

**Tabela 6.5 – Resumo dos Resultados Obtidos nas Simulações – Poliduto Oeste Paulista**

Hipótese	Tamanho	Distâncias de Interesse (m)													
		Flash		Nível de Radiação (kW/m²)						VCE (bar)					
				Dia			Noite			Dia			Noite		
		Dia	Noite	37,5	25	12,5	37,5	25	12,5	0,3	0,2	0,1	0,3	0,2	0,1
T4i -A com Bombeamento de Etanol	Fenda (Impinge)	9,58	8,78	11,70	18,48	27,29	11,91	19,45	27,89	9,52	10,80	14,06	9,01	10,14	13,02
	Fenda (Vertical)	0,05	0,05	169,55	196,52	239,30	192,01	217,93	258,71	*	*	*	*	*	*
	Furo (Impinge)	0,20	0,22	4,09	4,74	9,52	4,09	4,80	9,84	*	*	*	*	*	*
	Furo (Vertical)	0,04	0,04	88,68	102,62	118,71	94,65	109,23	124,41	*	*	*	*	*	*
	Ruptura	2,32	4,12	27,81	39,81	53,13	30,71	43,44	55,90	*	*	*	*	*	*
T4 -G com Bombeamento de Gasolina	Fenda (Impinge)	42,16	28,49	*	*	18,69	*	*	19,37	48,43	53,63	66,90	31,82	35,16	43,67
	Fenda (Vertical)	*	*	*	*	168,46	*	*	169,03	*	*	*	*	*	*
	Furo (Impinge)	16,36	16,45	8,52	8,52	18,90	8,52	8,78	20,27	16,54	18,39	23,10	16,08	17,79	22,17
	Furo (Vertical)	0,05	0,05	*	80,27	84,60	*	*	99,18	*	0,05	58,50	*	0,05	0,05
	Ruptura	46,19	32,37	*	*	24,54	*	*	26,15	80,21	88,73	110,49	63,02	68,11	81,09
T4 -G sem Bombeamento de Gasolina	Fenda (Impinge)	11,00	11,67	22,30	33,92	45,05	21,62	32,33	44,23	8,72	9,77	12,45	16,73	18,64	23,49
	Fenda (Vertical)	0,05	0,05	101,62	121,97	149,20	96,63	117,23	146,12	*	*	*	*	*	*
	Furo (Impinge)	6,42	6,60	10,80	17,62	25,91	10,59	16,77	25,34	7,79	8,57	10,58	8,02	8,87	11,04
	Furo (Vertical)	0,04	0,04	41,49	51,95	61,76	35,42	44,96	55,45	*	*	*	*	*	*
	Ruptura	37,73	61,53	*	16,37	21,44	*	14,98	19,38	51,02	56,95	72,09	82,41	91,56	114,91
T4i -A com Bombeamento de Gasolina	Fenda (Impinge)	29,35	20,83	*	10,97	18,38	*	10,97	19,31	32,01	35,40	44,05	23,20	25,51	31,42
	Fenda (Vertical)	0,06	0,06	*	*	125,21	*	*	122,83	*	0,06	56,48	*	0,06	0,06
	Furo (Impinge)	13,05	10,01	5,31	8,80	17,23	5,49	9,35	18,20	9,42	10,67	13,86	8,09	8,96	11,19
	Furo (Vertical)	0,05	0,05	*	*	84,63	*	*	99,36	*	0,05	56,91	*	0,05	0,05
	Ruptura	54,15	32,51	*	*	22,23	*	*	22,68	64,19	71,02	88,45	39,31	43,36	53,67
T5 -A com Bombeamento de Etanol	Fenda (Impinge)	17,37	12,11	30,66	43,96	59,07	31,99	45,91	60,07	18,29	20,63	26,60	16,01	17,71	22,04
	Fenda (Vertical)	0,06	0,06	223,20	255,19	307,61	227,93	258,72	308,98	*	*	*	*	*	*
	Furo (Impinge)	8,66	6,82	10,85	17,20	25,78	11,05	18,13	26,35	8,76	9,82	12,52	7,81	8,60	10,63
	Furo (Vertical)	0,04	0,04	100,10	115,68	134,69	91,13	107,43	125,50	*	*	*	*	*	*
	Ruptura	2,75	4,21	75,51	95,97	124,61	80,46	100,75	127,86	*	*	*	*	*	*



**Tabela 6.5 – Resumo dos Resultados Obtidos nas Simulações – Poliduto Oeste Paulista**

Hipótese	Tamanho	Distâncias de Interesse (m)													
		Flash		Nível de Radiação (kW/m²)						VCE (bar)					
				Dia			Noite			Dia			Noite		
		Dia	Noite	37,5	25	12,5	37,5	25	12,5	0,3	0,2	0,1	0,3	0,2	0,1
T5 -A sem Bombeamento de Etanol	Fenda (Impinge)	7,87	8,58	10,55	17,35	25,49	10,39	16,46	24,93	8,66	9,69	12,32	9,20	10,38	13,40
	Fenda (Vertical)	0,06	0,06	182,41	210,06	254,26	176,06	204,90	251,29	*	*	*	*	*	*
	Furo (Impinge)	6,86	7,41	10,55	17,34	25,49	10,39	16,46	24,93	8,33	9,27	11,66	8,25	9,17	11,51
	Furo (Vertical)	0,04	0,04	70,46	84,95	100,03	68,55	82,50	98,61	*	*	*	*	*	*
	Ruptura	4,68	12,36	70,94	90,70	115,76	66,73	86,36	112,86	15,38	16,90	20,78	28,18	31,90	41,40
T5i -A com Bombeamento de Etanol	Fenda (Impinge)	29,28	24,29	62,58	81,63	107,12	65,42	84,60	108,69	34,72	38,95	49,75	33,27	37,01	46,57
	Fenda (Vertical)	0,06	0,06	193,68	223,86	272,83	201,71	230,71	277,53	*	*	*	*	*	*
	Furo (Impinge)	10,25	9,97	17,91	27,58	38,22	18,41	29,02	38,96	8,48	9,46	11,96	8,20	9,10	11,41
	Furo (Vertical)	0,04	0,04	99,73	115,17	133,93	90,67	106,81	124,64	*	*	*	*	*	*
	Ruptura	37,00	28,66	73,53	94,12	123,00	77,01	97,41	124,75	50,57	56,38	71,19	41,01	45,73	57,79
T5 -G com Bombeamento de Gasolina	Fenda (Impinge)	63,29	41,06	*	*	26,54	*	*	26,97	73,19	81,15	101,46	47,98	53,06	66,02
	Fenda (Vertical)	0,08	0,08	*	*	142,95	*	*	155,06	*	0,08	69,46	*	0,08	0,08
	Furo (Impinge)	19,89	19,37	*	10,85	18,35	*	10,85	19,31	23,27	25,61	31,57	22,53	24,65	30,07
	Furo (Vertical)	0,05	0,05	*	*	94,74	*	*	78,37	*	*	*	*	*	*
	Ruptura	110,36	105,62	*	*	56,24	*	*	57,89	115,74	132,71	176,01	103,05	116,17	156,56
T5 -G sem Bombeamento de Gasolina	Fenda (Impinge)	40,74	25,89	*	*	18,77	*	*	19,42	47,99	53,06	66,02	30,81	33,86	41,65
	Fenda (Vertical)	0,08	0,08	*	*	124,37	*	*	129,53	*	*	*	*	*	*
	Furo (Impinge)	33,12	30,96	*	*	18,77	*	*	19,42	39,72	43,88	54,49	32,09	35,50	44,21
	Furo (Vertical)	0,05	0,05	*	*	84,54	*	*	78,10	*	0,05	57,64	*	0,05	0,05
	Ruptura	132,70	103,45	*	*	54,53	*	*	55,04	120,45	136,18	176,34	122,19	135,51	169,51

**Tabela 6.5 – Resumo dos Resultados Obtidos nas Simulações – Poliduto Oeste Paulista**

Hipótese	Tamanho	Distâncias de Interesse (m)													
		Flash		Nível de Radiação (kW/m <sup>2</sup> )						VCE (bar)					
				Dia			Noite			Dia			Noite		
		Dia	Noite	37,5	25	12,5	37,5	25	12,5	0,3	0,2	0,1	0,3	0,2	0,1
T5i -G com Bombeamento de Gasolina	Fenda (Impinge)	13,95	14,12	34,84	49,31	64,35	33,71	47,71	63,86	16,02	17,72	22,05	16,99	18,96	23,99
	Fenda (Vertical)	0,06	0,06	114,02	133,80	158,90	115,18	134,83	161,37	*	*	*	*	*	*
	Furo (Impinge)	9,56	9,74	19,35	30,25	40,47	18,81	28,77	39,71	7,74	8,51	10,49	8,05	8,91	11,11
	Furo (Vertical)	0,04	0,04	70,31	84,11	98,13	60,73	73,84	88,73	*	*	*	*	*	*
	Ruptura	98,15	68,49	*	*	51,06	*	*	49,42	130,06	145,61	185,27	91,53	104,67	138,82

\* Distâncias não atingidas



## **6.6 ANÁLISE DE VULNERABILIDADE**

A análise de vulnerabilidade é realizada segundo procedimentos que envolvem a estimativa dos danos gerados sobre a população exposta e ao meio ambiente devido ao desencadeamento das seqüências acidentais identificadas no estudo.

Os efeitos gerados, a partir de um acidente, dependem da capacidade de resistência dos envolvidos e dos efeitos físicos. Assim, os modelos de vulnerabilidade apresentam uma estimativa dos danos em função das características das conseqüências físicas geradas.

As conseqüências físicas dos danos prováveis ao homem e às estruturas estão correlacionadas aos níveis de exposição apresentados nos itens a seguir.

### **6.6.1 Modelos de Vulnerabilidade**

A probabilidade de morte (P) é calculada, utilizando-se a função PROBIT (Pr). A relação entre a probabilidade de morte e o PROBIT correspondente segue uma curva do tipo sigmoíde. A Tabela 6.6 apresenta o PROBIT em função da probabilidade de morte (%).



**Tabela 6.6 – PROBIT e Probabilidade de Morte**

%	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	-	2,67	2,95	3,12	3,25	3,36	3,45	3,52	3,59	3,66
10	3,72	3,77	3,82	3,87	3,92	3,96	4,01	4,05	4,08	4,12
20	4,16	4,19	4,23	4,26	4,29	4,33	4,36	4,39	4,42	4,45
30	4,48	4,50	4,53	4,56	4,59	4,61	4,64	4,67	4,69	4,72
40	4,75	4,77	4,80	4,82	4,85	4,87	4,90	4,92	4,95	4,97
50	5,00	5,03	5,05	5,08	5,10	5,13	5,15	5,18	5,20	5,23
60	5,25	5,28	5,31	5,33	5,36	5,39	5,41	5,44	5,47	5,50
70	5,52	5,55	5,58	5,61	5,64	5,67	5,71	5,74	5,77	5,81
80	5,84	5,88	5,92	5,95	5,99	6,04	6,08	6,13	6,18	6,23
90	6,28	6,34	6,41	6,48	6,55	6,64	6,75	6,88	7,05	7,33
99	7,33	7,37	7,41	7,46	7,51	7,58	7,65	7,75	7,88	8,09

Fonte: AICHE, TNO - Tabela 5.1 – Pág 5.2

#### 6.6.1.1 Radiação Térmica



Para o cálculo da probabilidade de fatalidade para radiação térmica utilizou-se a equação extraída do AICHE; pág. 269, mostrada a seguir:

$$PR = -14,9 + 2,56 \ln (t \cdot Q^{4/3} \cdot 10^{-4})$$

Onde;

Pr é o PROBIT correspondente à probabilidade de morte

t = duração da exposição (s);

Q = fluxo de calor (W/m²).

De acordo com o TNO – *Purple Book*; pág. 5.12, o tempo de exposição máximo estabelecido é de 20 segundos, ou seja, assume-se que as pessoas podem escapar para um lugar seguro dentro de 20 s; isto deve ser entendido como um fator de proteção associado à fuga das pessoas quando expostas a radiações térmicas elevadas.

Para o caso de pessoas dentro da nuvem (*flashfire*), em condições de inflamabilidade, independentemente de se produzir ou não sobrepressão, pressupõe-se uma vulnerabilidade igual a 1,0, ou seja, 100 % de probabilidade de fatalidade.

#### 6.6.1.2 Sobrepressão

As conseqüências decorrentes de uma explosão podem ocorrer devido às ondas de pressão, projeção de fragmentos e impacto do corpo com obstáculos. Neste caso, é importante conhecer o valor máximo de sobrepressão.

As equações de PROBIT desenvolvida por *Eisenberg et al.* são as seguintes:

Efeitos sobre as estruturas:

$$\text{PROBIT} = -23,8 + 2,92 \ln P$$

Onde:

- P é a sobrepressão de pico em Pascal (Pa).

Efeitos sobre as pessoas fora das edificações ou estruturas:

$$\text{Probit} = -77,1 + 6,91 \ln P$$

Onde:

- P é a sobrepressão de pico em Pascal (Pa).

Ondas de sobrepressão superiores a 1 bar ( $1 \times 10^5$  Pa) causam fatalidades devido a hemorragia pulmonar, conforme demonstrado a seguir:

$$\text{Pr} = -77,1 + 6,91 \ln 1 \times 10^5$$

$$\text{Pr} = 2,45$$

Desta forma, consultando-se a Tabela 6.6, a probabilidade de morte para as pessoas é inferior a 1%. Pode-se concluir que o ser humano apresenta uma resistência maior a sobrepressões do que as estruturas. Isto ocorre devido ao fato do ser humano não se comportar como uma estrutura rígida, permitindo a absorção do impacto. Normalmente nas explosões, a


grande maioria das vítimas é devida ao colapso de estruturas (edificações) ou projeções de fragmentos.

A Tabela 6.7 apresenta alguns efeitos observados para diferentes níveis de sobrepressão decorrente de explosões.

**Tabela 6.7 – Níveis de Sobrepressão e Efeitos Observados**

Sobrepressão (bar)	Efeitos Observados
0,30	Danos graves em prédios, estruturas e equipamentos. Perigo à vida.
0,10	Danos reparáveis em prédios e estruturas. Perigo à saúde e à vida.
0,03	Ruptura total de vidros, podendo causar ferimentos por lançamento de estilhaços. Mal estar à saúde.
0,01	Ruptura de aproximadamente 10 % dos vidros, com pequena probabilidade de causar ferimentos.

Fonte: CETESB



Para as sobrepressões geradas em explosões, foram adotados como referência os valores de 0,3 bar e 0,1 bar, que representam 50 % e 1 % de probabilidade de fatalidade, respectivamente. O valor de sobrepressão de 0,3 bar representa danos catastróficos às edificações e, portanto, possibilidade de fatalidade das pessoas existentes em seu interior; já, a sobrepressão de 0,1 bar corresponde a danos reparáveis às estruturas (paredes, portas, telhados, etc.) e, portanto, perigo à saúde e, eventualmente, à vida.

### **6.6.2 Considerações Finais**

A partir dos alcances dos efeitos físicos e da vulnerabilidade, foi elaborada a Tabela 6.8 a seguir, que relaciona a população efetivamente atingida que se encontra dentro dos maiores alcances das áreas atingidas pela radiação térmica, obtidos nas simulações.

**Tabela 6.8 – Hipóteses Seleccionadas/ Aglomerados Humanos Significativos no Alcance dos Efeitos Físicos/ Vulnerabilidade**

Hipótese	Maior Distância Atingida (m)	Município	Localidade	Localização (km)	Lado*	Extensão (m)	Qtde. de Pessoas	Nº de Construções	Edificação mais Próxima (m)
<b>Trecho Leste</b>									
T1i -A	294,52	Santa Fé do Sul	FUNEC	14 + 840	LD	500	2000	100	50
		Urânia	Posto de Combustível e Fábrica	44 + 427	AL	1235	550	5	25
		Jales	Bairro Residencial	54 + 988	AL	1781	4000	1000	25
		Jales	Bairro Industrial	56 + 390	AL	1800	700	70	20
		Estrela D'Oeste	Laticínios Estrela D'Oeste	71 + 727	LD	131	300	5	17
		Fernandópolis	SEBRAE	83 + 12	LD	150	150	4	45
		Fernandópolis	Bairro Residencial	83 + 71	AL	1250	800	200	30
		Fernandópolis	Área Industrial	84 + 211	LD	1000	1000	25	55
		Fernandópolis	Bairro Residencial	85 + 679	AL	4500	12000	3000	20
		Fernandópolis	Shopping Center	88 + 89	LE	225	2000	7	70
		Meridiano	Posto e Churrascaria Marine / Grandão	100 + 077	AL	225	500	8	30
		Votuporanga	Facchini	118 + 305	LD	400	1500	10	30
		Votuporanga	Bairro Residencial	119 + 22	AL	4230	18000	4500	17
		Votuporanga	Distrito Industrial	119 + 785	LE	2500	4000	37	50
		Votuporanga	Bairro Rural	129 + 571	LD	900	1600	400	37
		Cosmorama	Facchini	134 + 84	LD	600	460	8	50
		Tanabí	Distrito Industrial	161 + 01	LE	750	388	19	50
		Tanabí	Bairro Residencial	162 + 123	AL	1328	4800	1200	30
		Tanabí	Eirilar	165 + 018	LD	300	300	5	40
		Bálsamo	Bairro Residencial	176 + 317	LD	1631	2800	700	35

**Tabela 6.8 – Hipóteses Seleccionadas/ Aglomerados Humanos Significativos no Alcance dos Efeitos Físicos/ Vulnerabilidade**

Hipótese	Maior Distância Atingida (m)	Município	Localidade	Localização (km)	Lado*	Extensão (m)	Qtde. de Pessoas	Nº de Construções	Edificação mais Próxima (m)
T1i -A	294,52	Mirassol	Bairro Residencial e Industrial	186 + 89	AL	4000	12000	1200	20
		São José do Rio Preto	Residencial Morada do Sol	194 + 905	LE	800	100	25	35
		São José do Rio Preto	Distrito Industrial	196 + 117	LE	1150	1000	20	50
		São José do Rio Preto	Bairros Residenciais e Industriais	198 + 19	AL	3950	22000	700	30
		São José do Rio Preto	Distrito Industrial e Comercial	204 + 19	AL	2890	5000	250	50
		São José do Rio Preto	Carrefour	204 + 21	LE	330	1000	12	60
		São José do Rio Preto	Colégio Agostino São José	204 + 44	LD	180	700	3	100
		São José do Rio Preto	UNORP	206 + 89	LD	100	500	1	40
		São José do Rio Preto	Aurora	207 + 21	LD	150	400	3	40
		São José do Rio Preto	Ipê Park Hotel	212 + 7	LD	400	250	20	35
		Cedral	Petrotanque / Usina da Vale	218 + 106	LE	100	100	3	50
		Uchoa	Auto Posto Farroupilha	232 + 86	LD	100	250	3	50
		Catiguá	Posto 400	241 + 919	LE	80	350	4	35
T2 -A	330,92	Catanduva	Distrito Industrial Pedro Luís	250 + 223	LD	1500	350	27	25
		Catanduva	Bairro Residencial	252 + 315	LE	650	400	100	45
		Catanduva	Bairro Residencial	254 + 89	AL	2750	400	100	50



**Tabela 6.8 – Hipóteses Seleccionadas/ Aglomerados Humanos Significativos no Alcance dos Efeitos Físicos/ Vulnerabilidade**

Hipótese	Maior Distância Atingida (m)	Município	Localidade	Localização (km)	Lado*	Extensão (m)	Qtde. de Pessoas	Nº de Construções	Edificação mais Próxima (m)
T2 -A	330,92	Catanduva	Conjunto Residencial	258 + 59	LD	250	950	10	30
		Santa Adélia	Bairro Residencial	289 + 89	LD	300	600	175	15
		Santa Adélia	Bairro Residencial	292 + 21	LE	200	320	80	35
		Matão	Citrovita (Votorantim)	331 + 69	LE	300	250	10	45
		Matão	Posto e Restaurante Barra Limpa	343 + 546	LE	150	300	5	20
		Araraquara	Posto e Restaurante KambuÍ	352 + 59	LD	125	500	6	20
		Araraquara	Quimatec	361 + 89	LD	90	100	8	40
		Araraquara	Lupo	363 + 79	LD	200	3000	12	60
		Araraquara	Bairro Residencial	366 + 51	LE	2500	4000	1000	40
		Araraquara	UNESP / SENAI	367 + 54	LE	300	2500	20	50
		Araraquara	FEMSA	369 + 89	LE	300	500	8	50
		Araraquara	Scania Scandinavia	371 + 21	LE	100	150	9	40
		Araraquara	CEAGESP / Posto Bombina	373 + 517	AL	300	1000	8	50
		Ibaté	Bairro Residencial	393 + 238	LD	1850	4000	1000	30
		São Carlos	Bairro Residencial e Industrial	403 + 713	AL	6340	40000	5000	15
		São Carlos	Rei Frango Abatedouro	406 + 141	LE	300	1000	12	40
		São Carlos	São Carlos Country Club	407 + 068	LE	150	5000	20	50
		São Carlos	Móteis	416 + 39	AL	350	450	30	50
		São Carlos	Graal Rubi	422 + 133	LE	200	1600	7	25
T3i -A	396,2	Itirapina	Condomínio Residencial	437 + 842	LE	750	200	50	35
		Rio Claro	Fortaleza Cerâmica	454 + 361	LE	200	200	5	40

**Tabela 6.8 – Hipóteses Seleccionadas/ Aglomerados Humanos Significativos no Alcance dos Efeitos Físicos/ Vulnerabilidade**

Hipótese	Maior Distância Atingida (m)	Município	Localidade	Localização (km)	Lado*	Extensão (m)	Qtde. de Pessoas	Nº de Construções	Edificação mais Próxima (m)
T3i -A	396,2	Rio Claro	Cerâmica Savane	460 + 472	LE	150	100	3	100
		Rio Claro	Lodival	462 + 841	LE	200	170	11	25
		Rio Claro	Bairro Residencial e Industrial	462	AL	5500	21500	3000	25
		Rio Claro	Terminal Rodoviário	465	LE	50	2500	1	180
		Rio Claro	Faculdade Anhanguera	466 + 76	LE	100	2000	5	70
		Rio Claro	Condomínio Conpark	468 + 21	LD	450	130	9	50
		Santa Gertrudes	Bairro Residencial	470 + 724	LE	1270	2000	500	20
		Santa Gertrudes	Fábricas de Cerâmica	470 + 95	LD	1000	500	25	50
		Santa Gertrudes	Nardini Cerâmica	474 + 5	LE	50	150	6	25
		Cordeirópolis	Triunfo	478	LE	400	200	15	90
		Cordeirópolis	Bairro Residencial	478 + 983	AL	2500	6000	1500	20
		Cordeirópolis	Artec	484 + 42	LE	400	190	8	40
		Cordeirópolis	Graal Barreirense	485 + 289	LE	150	2000	13	20
		Limeira	Distrito Industrial	489 + 543	AL	1500	2000	47	30
		Limeira	Graal Castelo	489 + 7	LE	150	2000	15	15
		Limeira	UNIP	491 + 989	LD	150	1000	7	180
		Limeira	Distrito Industrial	492	AL	2200	900	43	25
		Limeira	Bairro Residencial	494 + 33	LD	2840	6000	1500	15
		Limeira	Graal Topázio	499 + 848	LD	150	1800	7	30
		Limeira	Contatto	504	LE	300	400	15	50
		Limeira	Confrio	508 + 836	LD	150	90	8	40

**Tabela 6.8 – Hipóteses Seleccionadas/ Aglomerados Humanos Significativos no Alcance dos Efeitos Físicos/ Vulnerabilidade**

Hipótese	Maior Distância Atingida (m)	Município	Localidade	Localização (km)	Lado*	Extensão (m)	Qtde. de Pessoas	Nº de Construções	Edificação mais Próxima (m)
T3i -A	396,2	Cosmópolis	Bairro Residencial	519	LD	700	320	80	40
		Cosmópolis	Bairro Residencial	519 + 65	LE	2500	7200	1800	15
		Cosmópolis	Ginásio Municipal	522 + 342	LE	300	4000	4	120
		Paulínia	Distrito Industrial	530 + 322	AL	2600	950	160	15
		Paulínia	REPLAN	532 + 5	LE	750	100	21	50
Trecho Oeste									
T4i -A	258,71	Castilho	Posto Rei da Estrada	4 + 83	LE	250	200	5	20
		Andradina	Shopping Oeste Plaza	16 + 16	LD	300	2000	7	50
		Andradina	Hotel Roda D'Água	16 + 895	LE	50	150	3	40
		Andradina	CASP (CAMDA)	22 + 102	LE	200	250	8	30
		Guaraçaí	Posto e Restaurante	42 + 405	LE	150	150	4	25
		Lavínia	Posto e Restaurante Tim Alvorada	66 + 16	LD	100	150	5	30
		Bento de Abreu	Posto Axxon	90 + 698	LE	100	250	4	40
		Guararapes	Bairro Residencial / Cilo para Agricultura	99 + 69	AL	400	150	30	50
		Guararapes	Monvil	102 + 33	LD	170	80	5	20
		Guararapes	Indústria de Máquinas Agrícolas	103 + 002	LD	350	50	8	25
		Araçatuba	Bairro Residencial	121 + 42	LE	300	500	125	30
		Araçatuba	Bairro Residencial e Industrial	122 + 16	AL	5000	22000	4000	20
		Araçatuba	Makro	122 + 76	LE	150	600	4	30
		Araçatuba	Nestlé	126 + 06	LD	350	800	10	30



**Tabela 6.8 – Hipóteses Seleccionadas/ Aglomerados Humanos Significativos no Alcance dos Efeitos Físicos/ Vulnerabilidade**

Hipótese	Maior Distância Atingida (m)	Município	Localidade	Localização (km)	Lado*	Extensão (m)	Qtde. de Pessoas	Nº de Construções	Edificação mais Próxima (m)
T4i -A	258,71	Araçatuba	UNESP	129 + 31	LE	400	3000	20	50
		Birigui	Bairro Residencial e Industrial	136 + 86	Al	3200	3500	800	50
		Birigui	KLIN	137 + 992	LE	450	400	11	70
		Coroados	Gimmpan Guard / Trepiche Calcário	148 + 22	LE	100	180	5	40
		Penápolis	Bairro Residencial	167 + 46	AL	1000	400	100	35
		Penápolis	Auto Posto e Restaurante Fazenda	172 + 88	LD	220	300	4	20
		Avanhandava	Penitenciária	182 + 16	LD	300	500	10	50
		Guaiçara	Usina Equipav	203 + 51	LD	1200	2000	25	30
T5 -A	308,98	Lins	Indústria	210 + 26	LD	600	300	8	150
		Lins	Bairro Residencial e Industrial	211 + 86	AL	4500	8500	1600	40
		Lins	Fábrica Bracol	215 + 29	LE	200	500	15	50
		Cafelândia	Posto e Costelão Gaúcho	238	LD	100	150	4	40
		Guarantã	Posto e Restaurante Monte Belo	241 + 06	LE	150	200	7	50
		Pirajuí	Etscheid Techno	266 + 2	LD	200	200	5	40
		Bauru	Posto e Restaurante Alê	293 + 46	LE	100	200	6	45
		Bauru	Indústria	309 + 26	LD	1250	250	17	35
		Bauru	Bairro Residencial	310 + 16	LE	1000	2000	500	40
		Bauru	Bairro Residencial e Industrial	312 + 36	AL	7800	35000	6000	20
		Bauru	Colégio Rogacionista	313 + 56	LD	150	500	8	100
		Bauru	Graal	315 + 96	LD	150	500	7	35
		Bauru	Indústria / Prédio Novo	317 + 26	LD	550	1000	18	40

**Tabela 6.8 – Hipóteses Seleccionadas/ Aglomerados Humanos Significativos no Alcance dos Efeitos Físicos/ Vulnerabilidade**

Hipótese	Maior Distância Atingida (m)	Município	Localidade	Localização (km)	Lado*	Extensão (m)	Qtde. de Pessoas	Nº de Construções	Edificação mais Próxima (m)
T5 -A	308,98	Bauru	Shopping Bauru	319 + 16	LD	200	5000	20	100
		Bauru	UNESP	322 + 16	LE	1000	5000	100	50
		Bauru	Parque Zoológico	324 + 3	LD	300	500	35	40
		Bauru	Bairro Residencial	325 + 21	LE	350	1200	300	50
		Bauru	Bairro Residencial	326 + 46	LE	1180	700	125	50
		Bauru	Hospital Unimed	329 + 89	LD	500	2000	25	50
		Pederneiras	Fábrica Volvo	348 + 66	LD	500	2000	17	70
		Pederneiras	Faculdades FGP	348 + 96	LE	150	700	5	100
		Pederneiras	Bairro Residencial e Industrial	349 + 16	LD	950	500	45	50
		Jaú	Pró-Vida	369 + 66	LD	150	1000	50	45
		Jaú	Shopping calçados	369 + 96	LD	200	300	4	40
		Jaú	Bairro Residencial e Industrial	372 + 16	AL	3500	4500	1000	25
		Jaú	Clube Caiçara	372 + 26	LE	250	500	30	50
		Jaú	Pólo Empresarial	375 + 16	LD	700	800	13	30
		Jaú	Ferruccini	376 + 06	LE	150	300	5	50
		Jaú	Bairro Residencial	375 + 66	LD	3750	6000	1500	35
		Jaú	Clube dos 13	391 + 66	LE	100	300	8	35
		Brotas	Aeroporto	409 + 46	LD	1500	50	4	50
		Brotas	Bairro Residencial	423 + 16	AL	900	800	200	50
		Brotas	Bairro Residencial	424 + 96	AL	2300	2000	500	35
		Brotas	Perdigão	441 + 86	LE	300	500	20	50

**Tabela 6.8 – Hipóteses Seleccionadas/ Aglomerados Humanos Significativos no Alcance dos Efeitos Físicos/ Vulnerabilidade**

<b>Hipótese</b>	<b>Maior Distância Atingida (m)</b>	<b>Município</b>	<b>Localidade</b>	<b>Localização (km)</b>	<b>Lado*</b>	<b>Extensão (m)</b>	<b>Qtde. de Pessoas</b>	<b>Nº de Construções</b>	<b>Edificação mais Próxima (m)</b>
T5 -A	308,98	Itirapina	Bairro Residencial	459 + 3	LD	600	600	150	100
		Itirapina	Globoave	463 + 16	LD	200	250	5	25

\*LE– Lado esquerdo; LD – Lado direito; AL – Ambos os Lados.



Com base nos aglomerados populacionais significativos identificados (Tabela 7.7) e nos alcances de vulnerabilidade mapeados (Anexo X) podemos observar que para o limite de 1% de vulnerabilidade, algumas comunidades são atingidas totalmente e outras parcialmente nas áreas de aglomerados humanos significativos, no entanto todas as comunidades foram atingidas conforme mostra a Tabela 7.7, portanto todas são representativas para a estimativa dos riscos.

