

## 6. ANÁLISE DE CONSEQÜÊNCIAS 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 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. Estes resultados são utilizados como dados de entrada no programa de simulação de conseqüências, o PHAST.

O Memorial de Cálculo do LEAKMAP está apresentado no Anexo IX.

### 6.2 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 m;
- Diâmetro nominal = 14'' e 24'';
- Espessura da parede do duto = 0,344''
- Produtos transportados: Etanol e Gasolina A.
- Dados operacionais:

A Tabela 6.1 apresenta alguns dados de entrada complementares do LeakMap.

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

Produto	Vazão (m <sup>3</sup> /h)	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	Pressão de Vapor (Pa)	Altura manométrica na saída (m)		Altura manométrica na chegada (m)	
				Local	Altura (m)	Local	Altura (m)
Etanol	500	789	5.332,9	Uberaba	938,83	Ribeirão Preto	154,21
	1900			Ribeirão Preto	960,94	REPLAN	146,42
	889			REPLAN	1316,78	Taubaté	240,57
Gasolina	500	750	62.000	Uberaba	987,65	Ribeirão Preto	162,23
	1900			Ribeirão Preto	1010,90	REPLAN	154,04
	889			REPLAN	1385,25	Taubaté	253,08

- 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.
  
- O tempo de detecção de vazamentos: para os vazamentos por furo com 5% do diâmetro, furo com 20% do diâmetro e rupturas (100% do diâmetro) no duto foram definidos tanto para o álcool como para a gasolina, conforme orientação do DTOL-TRANSPETRO para dutos de líquidos:

**Duto em bombeamento:**

Ruptura 100%: Tempo total = 04 min (tempo para detecção e atuação dos operadores) + 1 min (parada das bombas);

Furo 20%: Tempo total = Maior Tempo de Detecção calculado para cada Trecho/Estação Meteorológica + 05 min (atuação do operador) + 1 min (parada das bombas);

Furo 5%: Tempo total = Maior Tempo de Detecção calculado para cada Trecho/Estação Meteorológica + 05 min(atuação do operador) + 1 min (parada das bombas);

**Duto parado:**

Ruptura 100%: Tempo total = Maior Tempo de Detecção calculado para cada Trecho/Estação Meteorológica + 03 min (atuação do operador);

Furo 20%: Tempo total = Maior Tempo de Detecção calculado para cada Trecho/Estação Meteorológica + 05 min (atuação do operador);

Furo 5%: Tempo total = Maior Tempo de Detecção calculado para cada Trecho/Estação Meteorológica + 05 min (atuação do operador);

- Tempo de paralisação do bombeamento após detecção: estimado em 1 minuto;
- Tempo de fechamento de válvulas determinado pela DTOL-TRANSPETRO: 1 minuto.
- Os tempos de bloqueio das válvulas no duto após a parada do bombeamento são os tempos médios estimados pelos inspetores de faixa e operação para acesso às válvulas de bloqueio do SEDA, relacionados na Tabela 6.2 a seguir:

**Tabela 6.2 - Tempo Estimado para Acesso às Válvulas**

Caixa de Válvula	Trecho	Tempo de Acesso (min)
Centro Coletor de Uberaba	Centro-Oeste	10
VES-01		40
VES-02		40
VES-03		40
VES-04		40
VES-05		40
VES-06 / VRE-06		40
VES-07 / VRE-07		40
VES-08 / VRE-08		40
VES-09		40
VES-10 / VRE-10		40
VES-11 – Centro Coletor de Ribeirão Preto		40
VES-12		40
VES-13		40
VES-14 / VRE-14		40
VES-15 / VRE-15	40	
VES-16	Centro-Oeste	40
VES-17		40
VES-18 / VRE-18		40
VES-19		40

**Tabela 6.2 - Tempo Estimado para Acesso às Válvulas**

Caixa de Válvula	Trecho	Tempo de Acesso (min)
VES-20 / VRE-20	Centro-Oeste	40
VES-21		40
VES-22		40
VES-23 / VRE-23		40
REPLAN		10
VES-01	Sudeste	40
VES-02 / VRE-01		40
VES-03		40
VES-04		40
VES-05		40
XV-51*		1
VES-06 / VRE-02		40
VES-07 / VRE-03		40
XV-52*		1
VES-08		40
VES-09 / VRE-04		40
VES-10		40
VES-11 / VRE-05		40
XV-53*		1
VES-12	40	
VES-13 / VRE-06	40	
Estação de Bombeamento de Taubaté	10	

\*Válvulas Atuadas Remotamente

A metodologia de cálculo empregada no poliduto teve como limites, as válvulas de bloqueio situadas nas extremidades do poliduto, localizadas nos *Scrappers*, ou seja, o volume vazado foi calculado entre os seguintes trechos:

- Centro Coletor de Uberaba – Centro Coletor de Ribeirão Preto;
- Centro Coletor de Ribeirão Preto – REPLAN;
- REPLAN – Estação de Bombeamento de Taubaté;

### 6.3 Valores Obtidos no Programa LEAKMAP

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

### 6.4 Simulações das Conseqüências dos Acidentes

As simulações de conseqüências foram realizadas considerando os seguintes aspectos:

- Valores utilizados no cálculo das simulações para o Risco Individual: consideraram-se os maiores valores de taxa de vazamento considerando áreas com população para cada Trecho / Estação Meteorológica obtidos pelo LEAKMAP;
- Valores utilizados no cálculo das simulações para o Risco Social: foi selecionada e simulada uma área representativa, com maior concentração populacional presente ao longo da faixa e uma área representativa para o pior caso dentre as simulações de cada Trecho / Estação Meteorológica;
- Nos cálculos foram considerados os respectivos tempos de vazamento correspondente ao tempo médio desde a parada das bombas até a contenção do vazamento.
- Para a simulação da gasolina, utilizou-se, conservativamente, o n-hexano como produto de referência.
- Para a estimativa dos tempos de duração dos cenários acidentais, levou-se em consideração os tempos necessários para detecção do vazamento, tempos para a parada do bombeamento e fechamento de válvulas, de acordo com a localização do ponto notável em análise e tamanho do orifício de liberação. Esses tempos foram estimados pela PETROBRAS/TRANSPETRO-DTOL-CCO. Dentre os tempos de detecção estimados, conservativamente foi utilizado o maior valor identificado para cada tamanho de vazamento (ruptura, fenda e furo) dentro do trecho delimitado, sendo os mesmos apresentados na Tabela 6.3 a seguir, para o duto sendo bombeado com álcool.



**Tabela 6.3 – Tempos de Detecção do Vazamento – Duto Bombeando Álcool**

Trecho (km)	Estação Meteorológica	Furo (min)	Fenda (min)	Ruptura (min)
0 a 67+500 (Uberaba-Ribeirão Preto)	Araxá	13,2	1,8	3,0
67+500 a 135+000 (Uberaba-Ribeirão Preto)	Ribeirão Preto	26,0	2,6	3,0
135+000 a 238+500 (Ribeirão Preto – REPLAN)	Ribeirão Preto	23,3	3,3	3,0
238+500 a 342+700 (Ribeirão Preto – REPLAN)	REPLAN	41,0	4,0	3,0
342+700 a 441+500 (REPLAN – Taubaté)	REPLAN	24,2	2,9	3,0
441+500 a 540+760 (REPLAN – Taubaté)	Taubaté	32,2	6,1	3,0

A Tabela 6.4 a seguir, apresenta os tempos de detecção para o duto com álcool sem bombeamento (álcool parado no duto).


**Tabela 6.4 – Tempos de Detecção – Duto Sem Bombeamento (Álcool Parado)**

Trecho (km)	Estação Meteorológica	Furo (min)	Fenda (min)	Ruptura (min)
0 a 67+500 (Uberaba-Ribeirão Preto)	Araxá	27,1	2,4	2,0
67+500 a 135+000 (Uberaba-Ribeirão Preto)	Ribeirão Preto	66,1	3,7	2,5
135+000 a 238+500 (Ribeirão Preto – REPLAN)	Ribeirão Preto	87,7	5,5	3,7
238+500 a 342+700 (Ribeirão Preto – REPLAN)	REPLAN	66,5	6,1	4,8
342+700 a 441+500 (REPLAN – Taubaté)	REPLAN	47,3	5,4	4,6
441+500 a 540+760 (REPLAN – Taubaté)	Taubaté	45,3	4,1	3,9

A Tabela 6.5 a seguir, apresenta os tempos de detecção para o duto com gasolina.

**Tabela 6.5 – Tempos de Detecção – Duto Bombeando Gasolina**

Trecho (km)	Estação Meteorológica	Furo (min)	Fenda (min)	Ruptura (min)
0 a 67+500 (Uberaba-Ribeirão Preto)	Araxá	12,4	1,7	3,0
67+500 a 135+000 (Uberaba-Ribeirão Preto)	Ribeirão Preto	24,2	2,5	3,0
135+000 a 238+500 (Ribeirão Preto – REPLAN)	Ribeirão Preto	21,6	3,1	3,0
238+500 a 342+700 (Ribeirão Preto – REPLAN)	REPLAN	38,2	3,7	3,0
342+700 a 441+500 (REPLAN – Taubaté)	REPLAN	22,3	2,8	3,0
441+500 a 540+760 (REPLAN – Taubaté)	Taubaté	30,0	5,6	3,0

A Tabela 6.6 a seguir mostra os tempos de duração dos cenários acidentais, considerando os tempos de detecção apresentados nas Tabelas 6.3 a 6.5.



**Tabela 6.6 – Tempo de Duração dos Cenários Acidentais**

Trecho (km)	Tempo de Parada de Bomba (min)	Tempo de Atuação do operador (min)	Tempo de Duração dos cenários (Tempo de parada de bomba+Tempo de Atuação do Operador+Tempo de Detecção)		
			Furo (min)	Fenda (min)	Ruptura (min)
<b>Duto com Bombeamento (Álcool)</b>					
0 a 67+500 (Uberaba-Ribeirão Preto)	1	5 (para furo e fenda) 1 (para ruptura)	19,2	7,8	5,0
67+500 a 135+000 (Uberaba-Ribeirão Preto)	1	5 (para furo e fenda) 1 (para ruptura)	32,0	8,6	5,0
135+000 a 238+500 (Ribeirão Preto – REPLAN)	1	5 (para furo e fenda) 1 (para ruptura)	29,3	9,3	5,0
238+500 a 342+700 (Ribeirão Preto – REPLAN)	1	5 (para furo e fenda) 1 (para ruptura)	47,0	10,0	5,0

**Tabela 6.6 – Tempo de Duração dos Cenários Acidentais**

Trecho (km)	Tempo de Parada de Bomba (min)	Tempo de Atuação do operador (min)	Tempo de Duração dos cenários (Tempo de parada de bomba+Tempo de Atuação do Operador+Tempo de Detecção)		
			Furo (min)	Fenda (min)	Ruptura (min)
342+700 a 441+500 (REPLAN – Taubaté)	1	5 (para furo e fenda) 1 (para ruptura)	30,2	8,9	5,0
441+500 a 540+760 (REPLAN – Taubaté)	1	5 (para furo e fenda) 1 (para ruptura)	38,2	12,1	5,0
<b>Duto sem Bombeamento (Álcool parado)</b>					
0 a 67+500 (Uberaba-Ribeirão Preto)	0	5 (para furo e fenda) 3 (para ruptura)	32,1	7,4	5,0
67+500 a 135+000 (Uberaba-Ribeirão Preto)	0	5 (para furo e fenda) 3 (para ruptura)	71,1	8,7	5,5
135+000 a 238+500 (Ribeirão Preto – REPLAN)	0	5 (para furo e fenda) 3 (para ruptura)	92,7	10,5	6,7
238+500 a 342+700 (Ribeirão Preto – REPLAN)	0	5 (para furo e fenda) 3 (para ruptura)	71,5	11,1	7,8
342+700 a 441+500 (REPLAN – Taubaté)	0	5 (para furo e fenda) 3 (para ruptura)	52,3	10,4	7,6
441+500 a 540+760 (REPLAN – Taubaté)	0	5 (para furo e fenda) 3 (para ruptura)	50,3	9,1	6,9
<b>Duto com Bombeamento (Gasolina)</b>					
0 a 67+500 (Uberaba-Ribeirão Preto)	1	5 (para furo e fenda) 1 (para ruptura)	18,4	7,7	5,0
67+500 a 135+000 (Uberaba-Ribeirão Preto)	1	5 (para furo e fenda) 1 (para ruptura)	30,2	8,5	5,0



**Tabela 6.6 – Tempo de Duração dos Cenários Acidentais**

Trecho (km)	Tempo de Parada de Bomba (min)	Tempo de Atuação do operador (min)	Tempo de Duração dos cenários (Tempo de parada de bomba+Tempo de Atuação do Operador+Tempo de Detecção)		
			Furo (min)	Fenda (min)	Ruptura (min)
135+000 a 238+500 (Ribeirão Preto – REPLAN)	1	5 (para furo e fenda) 1 (para ruptura)	27,6	9,1	5,0
238+500 a 342+700 (Ribeirão Preto – REPLAN)	1	5 (para furo e fenda) 1 (para ruptura)	44,2	9,7	5,0
342+700 a 441+500 (REPLAN – Taubaté)	1	5 (para furo e fenda) 1 (para ruptura)	28,3	8,8	5,0
441+500 a 540+760 (REPLAN – Taubaté)	1	5 (para furo e fenda) 1 (para ruptura)	36,0	11,6	5,0



- 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 calculado pelo LEAKMAP,  $\rho_a$  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 6.6 abaixo mostra os valores de diâmetro de gota para os cenários de ruptura, fenda e furo para todas as hipóteses.

**Tabela 6.6 – Valores de diâmetro de gota por hipótese**

Produto	Bombeamento	Trecho	Estação Meteorológica	Diâmetro de Gota (m)		
				Ruptura	Fenda	Furo
Etanol	Sim	Uberaba - Ribeirão Preto	Araxá	1,74E-02	8,17E-05	1,80E-05
		Uberaba - Ribeirão Preto	Ribeirão Preto	6,61E-02	1,80E-04	7,22E-05
		Ribeirão Preto - REPLAN	Ribeirão Preto	1,57E-02	8,71E-05	3,62E-05
		Ribeirão Preto - REPLAN	REPLAN	4,59E-02	1,25E-04	5,30E-05
		REPLAN - Taubaté	REPLAN	7,10E-03	7,10E-05	1,81E-05
		REPLAN - Taubaté	Taubaté	1,74E-02	1,09E-04	8,14E-05
	Não	Uberaba - Ribeirão Preto	Araxá	6,88E-03	8,87E-05	3,16E-05
		Uberaba - Ribeirão Preto	Ribeirão Preto	7,32E-02	1,97E-04	7,62E-05
		Ribeirão Preto - REPLAN	Ribeirão Preto	2,43E-02	5,27E-05	1,32E-05
		Ribeirão Preto - REPLAN	REPLAN	1,17E-01	2,06E-04	2,52E-05
		REPLAN - Taubaté	REPLAN	2,75E-02	7,18E-05	2,71E-05
		REPLAN - Taubaté	Taubaté	2,43E-02	8,55E-05	4,66E-05
Gasolina	Sim	Uberaba - Ribeirão Preto	Araxá	1,36E-02	6,28E-05	1,34E-05
		Uberaba - Ribeirão Preto	Ribeirão Preto	1,23E-02	6,81E-05	2,74E-05
		Ribeirão Preto - REPLAN	Ribeirão Preto	5,56E-03	5,78E-05	1,35E-05
		Ribeirão Preto - REPLAN	REPLAN	5,38E-03	6,67E-05	2,36E-05
		REPLAN - Taubaté	REPLAN	1,90E-02	4,15E-05	9,89E-06
		REPLAN - Taubaté	Taubaté	2,30E-02	5,58E-05	2,00E-05

A Tabela 6.7 apresenta os maiores valores representativos de cada Estação Meteorológica, extraídos das tabelas de resultados do Programa LEAKMAP apresentadas no Anexo X, utilizados para os cálculos das consequências para os Riscos.

Vale lembrar que a taxa de vazamento foi calculada para ser utilizada como dado de entrada para os produtos, assim como o volume vazado, a velocidade de vazamento e a área de poça.

**Tabela 6.7 – Hipóteses Acidentais Selecionadas 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 (m <sup>2</sup> )		
Uberaba - Ribeirão Preto - Álcool	Sim	14	Araxá	Ruptura	183,5	3,9	966,9		
				Fenda	107,1	56,9	695,6		
				Furo	14,3	121,3	147,0		
	Não			Ruptura	92,7	2,0	858,0		
				Fenda	72,0	38,3	603,2		
				Furo	7,1	60,5	115,4		
Uberaba - Ribeirão Preto - Gasolina	Sim	14	Araxá	Ruptura	173,5	3,9	1086,9		
				Fenda	102,6	57,4	803,0		
				Furo	13,9	124,3	206,0		
Uberaba - Ribeirão Preto - Álcool	Sim			14	Ribeirão Preto	Ruptura	193,3	4,1	1857,7
						Fenda	103,6	55,1	1823,2
						Furo	10,0	85,4	458,3
	Não	Ruptura	113,8			2,4	1681,3		
		Fenda	86,0			46,0	1681,3		
		Furo	8,3			70,6	440,0		
Uberaba - Ribeirão Preto - Gasolina	Sim	14	Ribeirão Preto	Ruptura	181,6	4,1	1877,9		
				Fenda	98,5	55,1	1845,5		
				Furo	9,7	86,9	471,9		
Ribeirão Preto - REPLAN - Álcool	Sim			24	Ribeirão Preto	Ruptura	842,7	6,1	5561,7
						Fenda	337,4	61,0	5080,6
						Furo	41,7	120,7	1212,5
	Não	Ruptura	536,6			3,9	4792,6		
		Fenda	272,0			49,2	4792,6		
		Furo	19,7			57,0	1131,3		

**Tabela 6.7 – Hipóteses Acidentais Selecionadas 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 (m <sup>2</sup> )
Ribeirão Preto - REPLAN - Gasolina	Sim	24	Ribeirão Preto	Ruptura	801,0	6,1	5970,5
				Fenda	314,1	59,8	5521,7
				Furo	40,6	123,6	1256,7
Ribeirão Preto - REPLAN - Álcool	Sim	24	REPLAN	Ruptura	853,5	6,2	3741,0
				Fenda	301,5	54,6	3238,3
				Furo	31,6	91,4	1363,8
	Não			Ruptura	257,3	1,9	2962,2
				Fenda	202,2	36,6	2912,7
				Furo	20,3	58,9	1298,8
Ribeirão Preto - REPLAN - Gasolina	Sim	24	REPLAN	Ruptura	811,2	6,2	4119,8
				Fenda	292,7	55,7	3654,6
				Furo	30,8	93,7	1402,2
REPLAN - Taubaté - Álcool	Sim	24	REPLAN	Ruptura	461,4	3,3	4642,3
				Fenda	391,2	70,8	4373,1
				Furo	48,9	141,5	1370,1
	Não			Ruptura	210,6	1,5	4412,1
				Fenda	197,7	35,8	4104,6
				Furo	35,4	102,5	1320,2
REPLAN - Taubaté - Gasolina	Sim	24	REPLAN	Ruptura	428,6	3,3	4916,0
				Fenda	371,1	70,6	4673,8
				Furo	47,5	144,6	1414,6
REPLAN - Taubaté - Álcool	Sim	24	Taubaté	Ruptura	423,4	3,1	2590,1
				Fenda	335,4	60,7	2573,5
				Furo	34,1	98,8	1386,8

**Tabela 6.7 – Hipóteses Acidentais Selecionadas 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 (m <sup>2</sup> )
REPLAN - Taubaté - Álcool	Não	24	Taubaté	Ruptura	454,0	3,3	2203,7
				Fenda	307,2	55,6	2098,7
				Furo	26,0	75,3	1255,5
REPLAN - Taubaté - Gasolina	Sim			Ruptura	400,1	3,0	2665,9
				Fenda	319,8	60,9	2532,0
				Furo	33,4	101,8	1454,2



Em função da velocidade do vento e da temperatura ambiente, foram selecionadas as categorias de estabilidade atmosférica, para as condições meteorológicas selecionadas. A Tabela 6.8 apresenta as Categorias de Estabilidade de Pasquill.

**Tabela 6.8 – 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:

- Araxá: Categoria “B” no Período Diurno e “E” no Período Noturno;
- Ribeirão Preto: Categoria “A” no Período Diurno e “F” no Período Noturno;
- REPLAN: Categoria “B” no Período Diurno e “F” no Período Noturno;
- Taubaté: Categoria “B” no Período Diurno e “E” no Período Noturno.

## 6.5 Efeitos Físicos

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

- Incêndio de poça: distâncias correspondentes ao nível de  $3,0 \text{ kW/m}^2$  e aos de níveis de fatalidade de 1%, 50% e 99%, que correspondem a níveis de radiação térmica de  $18,3 \text{ kW/m}^2$ ,  $36 \text{ kW/m}^2$  e  $71,2 \text{ kW/m}^2$ ;
- Sobrepressões: distâncias correspondentes ao nível de 0,05 bar e aos níveis de fatalidade de 1%, 50% e 99%, que correspondem aos níveis de sobrepressão de 0,1 bar, 0,3 bar e 0,4 bar, utilizando o programa PHAST 6.53.1, modelo Multi-Energia.

Para estas simulações adotou-se conservativamente um grau de confinamento nível 5, correspondente a uma região com poucos obstáculos e fontes de ignição tipo fagulhas, superfície quente etc., conforme referência da Tabela 5.3 do TNO – Yellow Book, página 5.38.

- Ainda como dado de entrada desta simulação, para o cálculo do volume de confinamento, considerou-se uma rua representativa de cada Trecho/Estação Meteorológica. A Tabela 6.9 abaixo mostra os valores utilizados.

**Tabela 6.9 – Volume de Confinamento de cada Trecho**

Trecho	Estação Meteorológica	Comprimento (m)	Largura (m)	Altura (m)	Volume (m <sup>3</sup> )
Uberaba – Ribeirão Preto	Araxá	112	2	5	1.120*
Uberaba – Ribeirão Preto	Ribeirão Preto	116	2	5	1.160*
Ribeirão Preto – REPLAN	Ribeirão Preto	165	10	3	4.950
Ribeirão Preto – REPLAN	REPLAN	138	8	3	3.312
REPLAN – Taubaté	REPLAN	95	10	3	2.850
REPLAN – Taubaté	Taubaté	142	10	3	4.260

\*Estes valores foram obtidos a partir do volume de confinamento entre árvores como indica o TNO Yellow Book para locais sem confinamento entre estruturas.

- *Flashfire*: distância correspondente ao Limite Inferior de Inflamabilidade (LII).

Ressalta-se que os níveis de fatalidade utilizados são preconizados no *Termo de Referência para Elaboração de Estudo de Análise de Riscos do Sistema de Escoamento Dutoviário de Álcool (SEDA)*, Revisão 01 de 12 de Março de 2009 do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e que a forma de obtenção dos níveis de radiação e sobrepressão serão apresentados no Item 6.6 – Análise de Vulnerabilidade.

As Tabelas 6.10 a 6.21 apresentam os dados de entrada e o resumo dos resultados obtidos nas simulações do poliduto SEDA por estação meteorológica, enquanto os relatórios de saída do *PHAST* encontram-se no Anexo XI.

- **Trecho Uberaba-Ribeirão Preto / Estação Meteorológica de Araxá:** Liberação de produto desde o km 0+000 até o km 67+500. ( $\varnothing$  da linha=14”).

A caracterização dessa hipótese acidental, para fins de simulação, está apresentada nas Tabelas 6.10, 6.11 e 6.12 e os resultados dos cálculos para os vários níveis de efeitos avaliados neste trabalho são apresentados na Tabela 6.13.

**Tabela 6.10 - Dados de Entrada do Trecho Uberaba-Ribeirão Preto / Estação Meteorológica de Araxá – Álcool Bombeado**

<b>Cenário</b>	Liberação de produto desde o km 0+000 até o km 67+500. ( $\varnothing$ da linha=14”)
<b>Modelos de Simulação Utilizados</b>	User Defined
<b>Diâmetro do vazamento</b>	355,6 mm (100% do diâmetro) 71,12 mm (20% do diâmetro) 17,78 mm (5% do diâmetro)
<b>Direção do vazamento</b>	Vertical (V) Angular 45° (A) Horizontal Impingement(HI)
<b>Altura da linha</b>	0 m
<b>Substância</b>	Etanol Bombeado
<b>Velocidade de vazamento<sup>A, B</sup></b>	3,9 m/s (100% do diâmetro) 56,9 m/s (20% do diâmetro) 121,3 m/s (5% do diâmetro)
<b>Diâmetro de gota<sup>A, B</sup></b>	17,4 mm (100% do diâmetro) 0,082 mm (20% do diâmetro) 0,018 mm (5% do diâmetro)
<b>Tempo de vazamento</b>	300 s (100% do diâmetro) 468 s (20% do diâmetro) 1152 s (5% do diâmetro)
<b>Taxa de vazamento<sup>A, B</sup></b>	183,5 kg/s (100% do diâmetro) 107,1 kg/s (20% do diâmetro) 14,3 kg/s (5% do diâmetro)
<b>Temperatura</b>	40°C
<b>Área da poça<sup>A, B</sup></b>	966,9 m <sup>2</sup> (100% do diâmetro) 695,6 m <sup>2</sup> (20% do diâmetro) 147,0 m <sup>2</sup> (5% do diâmetro)
<b>Volume de confinamento</b>	1120 m <sup>3</sup>
<b>Considerações</b>	
A – Calculado pelo LeakMap	
B – Os valores para ruptura foram retirados do Aglomerado Humano Vila Canindé (km 21,69). Os valores para furo com 20% do diâmetro foram retirados do Aglomerado Humano Vila Canindé (km 21,69). Os valores para furo com 5% do diâmetro foram retirados do Aglomerado Humano Vila Canindé (km 21,69).	



**Tabela 6.11 - Dados de Entrada do Trecho Uberaba-Ribeirão Preto / Estação Meteorológica de Araxá – Álcool não Bombeado**

<b>Cenário</b>	Liberação de produto desde o km 0+000 até o km 67+500. (Ø da linha=14")
<b>Modelos de Simulação Utilizados</b>	User Defined
<b>Diâmetro do vazamento</b>	355,6 mm (100% do diâmetro) 71,12 mm (20% do diâmetro) 17,78 mm (5% do diâmetro)
<b>Direção do vazamento</b>	Vertical (V) Angular 45° (A) Horizontal Impingement(HI)
<b>Altura da linha</b>	0 m
<b>Substância</b>	Etanol Parado
<b>Velocidade de vazamento<sup>A, B</sup></b>	2,0 m/s (100% do diâmetro) 38,3 m/s (20% do diâmetro) 60,5 m/s (5% do diâmetro)
<b>Diâmetro de gota<sup>A, B</sup></b>	6,88 mm (100% do diâmetro) 0,089 mm (20% do diâmetro) 0,032 mm (5% do diâmetro)
<b>Tempo de vazamento</b>	300 s (100% do diâmetro) 444 s (20% do diâmetro) 1926 s (5% do diâmetro)
<b>Taxa de vazamento<sup>A, B</sup></b>	92,7 kg/s (100% do diâmetro) 72,0 kg/s (20% do diâmetro) 7,1 kg/s (5% do diâmetro)
<b>Temperatura</b>	40°C
<b>Área da poça<sup>A, B</sup></b>	858,0 m <sup>2</sup> (100% do diâmetro) 603,2 m <sup>2</sup> (20% do diâmetro) 115,4 m <sup>2</sup> (5% do diâmetro)
<b>Volume de confinamento</b>	1120 m <sup>3</sup>
<b>Considerações</b>	
A – Calculado pelo LeakMap	
B – Os valores para ruptura foram retirados do Aglomerado Humano Vila Canindé (km 21,69). Os valores para furo com 20% do diâmetro foram retirados do Aglomerado Humano Vila Canindé (km 21,69). Os valores para furo com 5% do diâmetro foram retirados do Aglomerado Humano Vila Canindé (km 21,69).	



**Tabela 6.12 - Dados de Entrada do Trecho Uberaba-Ribeirão Preto / Estação Meteorológica de Araxá – Gasolina Bombeada**

<b><u>Cenário</u></b>	Liberação de produto desde o km 0+000 até o km 67+500. (Ø da linha=14")
<b><u>Modelos de Simulação Utilizados</u></b>	User Defined
<b>Diâmetro do vazamento</b>	355,6 mm (100% do diâmetro) 71,12 mm (20% do diâmetro) 17,78 mm (5% do diâmetro)
<b>Direção do vazamento</b>	Vertical (V) Angular 45° (A) Horizontal Impingement(HI)
<b>Altura da linha</b>	0 m
<b>Substância</b>	Gasolina
<b>Velocidade de vazamento<sup>A, B</sup></b>	3,9 m/s (100% do diâmetro) 57,4 m/s (20% do diâmetro) 124,3 m/s (5% do diâmetro)
<b>Diâmetro de gota<sup>A, B</sup></b>	13,60 mm (100% do diâmetro) 0,063 mm (20% do diâmetro) 0,013 mm (5% do diâmetro)
<b>Tempo de vazamento</b>	300 s (100% do diâmetro) 462 s (20% do diâmetro) 1104 s (5% do diâmetro)
<b>Taxa de vazamento<sup>A, B</sup></b>	173,5 kg/s (100% do diâmetro) 102,6 kg/s (20% do diâmetro) 13,9 kg/s (5% do diâmetro)
<b>Temperatura</b>	40°C
<b>Área da poça<sup>A, B</sup></b>	1086,9 m <sup>2</sup> (100% do diâmetro) 803,0 m <sup>2</sup> (20% do diâmetro) 206,0 m <sup>2</sup> (5% do diâmetro)
<b>Volume de confinamento</b>	1120 m <sup>3</sup>
<b>Considerações</b>	
A – Calculado pelo LeakMap	
B – Os valores para ruptura foram retirados do Aglomerado Humano Vila Canindé (km 21,69). Os valores para furo com 20% do diâmetro foram retirados do Aglomerado Humano Vila Canindé (km 21,69). Os valores para furo com 5% do diâmetro foram retirados do Aglomerado Humano Vila Canindé (km 21,69).	



**Tabela 6.13 – Resumo dos Resultados Obtidos nas Simulações – Trecho Uberaba-Ribeirão Preto / Estação Meteorológica de Araxá**

Hipótese	Tamanho	Direção	Flash		Nível de Radiação (kW/m <sup>2</sup> )								Nível de Sobrepressão (bar)						
			Dia	Noite	Dia				Noite				Dia			Noite			
					71,2	36	18,3	3	71,2	36	18,3	3	0,3	0,1	0,05	0,3	0,1	0,05	
Álcool Bombeado	fenda	HI	12,21	11,51	*	20,57	35,30	67,24	*	20,45	35,10	67,27	*	14,35	23,79	*	17,29	29,71	
		V	0,05	0,04	*	*	92,27	94,93	*	*	92,27	94,93	*	*	*	*	*	*	
		A	0,09	0,09	161,23	168,29	185,11	224,60	123,36	132,35	151,08	197,85	*	*	*	*	*	*	
	furo	HI	6,95	6,80	*	8,11	17,39	33,41	*	8,09	17,26	33,43	*	*	*	*	*	*	
		V	0,04	0,04	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
		A	4,31	3,80	*	221,70	224,67	232,82	*	125,86	127,23	133,69	*	*	*	*	*	*	
	ruptura	V	8,05	5,73	19,22	25,65	41,64	78,64	18,69	24,90	40,89	78,14	*	*	*	*	*	*	
	Álcool não Bombeado	fenda	HI	11,11	10,30	*	18,90	33,09	63,07	*	18,78	32,91	63,10	*	14,99	25,08	*	16,15	27,41
			V	0,05	0,04	*	75,76	77,67	84,75	*	69,60	81,84	105,96	*	*	*	*	*	*
A			0,09	0,09	*	107,57	123,06	157,62	91,12	98,25	115,45	156,36	*	*	*	*	*	*	
furo		HI	5,43	5,32	*	7,07	15,55	29,96	*	7,07	15,43	29,98	*	*	*	*	*	*	
		V	0,04	0,04	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
		A	1,97	1,20	*	121,31	124,27	132,37	*	77,77	80,22	87,84	*	*	*	*	*	*	
ruptura		HI	10,32	7,64	*	23,25	38,85	73,94	*	22,98	38,63	73,94	*	16,96	29,04	*	*	*	
Gasolina Bombeada		fenda	HI	38,52	37,61	*	*	17,00	70,75	*	*	17,00	70,31	*	39,61	64,48	*	42,54	70,36
			V	0,06	0,06	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	A		0,11	0,10	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	furo	HI	17,80	19,46	*	9,11	12,82	50,05	*	9,11	12,75	49,99	*	15,57	26,25	*	18,28	31,69	
		V	0,05	0,04	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
		A	5,53	4,61	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	ruptura	V	48,73	35,16	*	*	20,12	78,32	*	*	19,73	77,40	*	60,62	101,66	*	55,57	96,56	

\* Distância não atingida pelos efeitos físicos

- **Trecho Uberaba-Ribeirão Preto / Estação Meteorológica de Ribeirão Preto:**  
Liberação de produto desde o km 67+500 até o km 135+000. ( $\varnothing$  da linha=14”).

A caracterização dessa hipótese acidental, para fins de simulação, está apresentada nas Tabelas 6.14, 6.15 e 6.16 e os resultados dos cálculos para os vários níveis de efeitos avaliados neste trabalho são apresentados na Tabela 6.17.

**Tabela 6.14 - Dados de Entrada do Trecho Uberaba-Ribeirão Preto / Estação Meteorológica de Ribeirão Preto – Álcool Bombeado**

<b>Cenário</b>	Liberação de produto desde o km 67+500 até o km 135+000. ( $\varnothing$ da linha=14”).
<b>Modelos de Simulação Utilizados</b>	User Defined
<b>Diâmetro do vazamento</b>	355,6 mm (100% do diâmetro) 71,12 mm (20% do diâmetro) 17,78 mm (5% do diâmetro)
<b>Direção do vazamento</b>	Vertical (V) Angular 45° (A) Horizontal Impingement(HI)
<b>Altura da linha</b>	0 m
<b>Substância</b>	Etanol Bombeado
<b>Velocidade de vazamento<sup>A, B</sup></b>	4,1 m/s (100% do diâmetro) 55,1 m/s (20% do diâmetro) 85,4 m/s (5% do diâmetro)
<b>Diâmetro de gota<sup>A, B</sup></b>	66,10 mm (100% do diâmetro) 0,180 mm (20% do diâmetro) 0,072 mm (5% do diâmetro)
<b>Tempo de vazamento</b>	300 s (100% do diâmetro) 516 s (20% do diâmetro) 1920 s (5% do diâmetro)
<b>Taxa de vazamento<sup>A, B</sup></b>	193,3 kg/s (100% do diâmetro) 103,6 kg/s (20% do diâmetro) 10,0 kg/s (5% do diâmetro)
<b>Temperatura</b>	40°C
<b>Área da poça<sup>A, B</sup></b>	1857,7 m <sup>2</sup> (100% do diâmetro) 1823,2 m <sup>2</sup> (20% do diâmetro) 458,3 m <sup>2</sup> (5% do diâmetro)
<b>Volume de confinamento</b>	1160 m <sup>3</sup>
<b>Considerações</b>	
A – Calculado pelo LeakMap	
B – Os valores para ruptura foram retirados do Aglomerado Humano denominado Ranchos (km 122,88). Os valores para furo com 20% do diâmetro foram retirados do Aglomerado Humano denominado Ranchos (km 122,88). Os valores para furo com 5% do diâmetro foram retirados do Aglomerado Humano denominado Ranchos (km 122,88).	

**Tabela 6.15 - Dados de Entrada do Trecho Uberaba-Ribeirão Preto / Estação Meteorológica de Ribeirão Preto – Álcool não Bombeado**

<b>Cenário</b>	Liberação de produto desde o km 67+500 até o km 135+000. (Ø da linha=14”).
<b>Modelos de Simulação Utilizados</b>	User Defined
<b>Diâmetro do vazamento</b>	355,6 mm (100% do diâmetro) 71,12 mm (20% do diâmetro) 17,78 mm (5% do diâmetro)
<b>Direção do vazamento</b>	Vertical (V) Angular 45° (A) Horizontal Impingement(HI)
<b>Altura da linha</b>	0 m
<b>Substância</b>	Etanol Parado
<b>Velocidade de vazamento<sup>A, B</sup></b>	2,4 m/s (100% do diâmetro) 46,0 m/s (20% do diâmetro) 71,6 m/s (5% do diâmetro)
<b>Diâmetro de gota<sup>A, B</sup></b>	73,20 mm (100% do diâmetro) 0,197 mm (20% do diâmetro) 0,076 mm (5% do diâmetro)
<b>Tempo de vazamento</b>	300 s (100% do diâmetro) 522 s (20% do diâmetro) 4266 s (5% do diâmetro)
<b>Taxa de vazamento<sup>A, B</sup></b>	113,8 kg/s (100% do diâmetro) 86,0 kg/s (20% do diâmetro) 8,3 kg/s (5% do diâmetro)
<b>Temperatura</b>	40°C
<b>Área da poça<sup>A, B</sup></b>	1681,3 m <sup>2</sup> (100% do diâmetro) 1681,3 m <sup>2</sup> (20% do diâmetro) 440,0 m <sup>2</sup> (5% do diâmetro)
<b>Volume de confinamento</b>	1160 m <sup>3</sup>
<b>Considerações</b>	
A – Calculado pelo LeakMap	
B – Os valores para ruptura foram retirados do Aglomerado Humano denominado Ranchos (km 122,88). Os valores para furo com 20% do diâmetro foram retirados do Aglomerado Humano denominado Ranchos (km 122,88). Os valores para furo com 5% do diâmetro foram retirados do Aglomerado Humano denominado Ranchos (km 122,88).	



**Tabela 6.16 - Dados de Entrada do Trecho Uberaba-Ribeirão Preto / Estação Meteorológica de Ribeirão Preto – Gasolina Bombçada**

<b>Cenário</b>	Liberação de produto desde o km 67+500 até o km 135+000. (Ø da linha=14”).
<b>Modelos de Simulação Utilizados</b>	User Defined
<b>Diâmetro do vazamento</b>	355,6 mm (100% do diâmetro) 71,12 mm (20% do diâmetro) 17,78 mm (5% do diâmetro)
<b>Direção do vazamento</b>	Vertical (V) Angular 45° (A) Horizontal Impingement(HI)
<b>Altura da linha</b>	0 m
<b>Substância</b>	Gasolina
<b>Velocidade de vazamento<sup>A, B</sup></b>	4,1 m/s (100% do diâmetro) 55,1 m/s (20% do diâmetro) 86,9 m/s (5% do diâmetro)
<b>Diâmetro de gota<sup>A, B</sup></b>	12,30 mm (100% do diâmetro) 0,068 mm (20% do diâmetro) 0,027 mm (5% do diâmetro)
<b>Tempo de vazamento</b>	300 s (100% do diâmetro) 510 s (20% do diâmetro) 1812 s (5% do diâmetro)
<b>Taxa de vazamento<sup>A, B</sup></b>	181,6 kg/s (100% do diâmetro) 98,5 kg/s (20% do diâmetro) 9,7 kg/s (5% do diâmetro)
<b>Temperatura</b>	40°C
<b>Área da poça<sup>A, B</sup></b>	1877,9 m <sup>2</sup> (100% do diâmetro) 1845,5 m <sup>2</sup> (20% do diâmetro) 471,9 m <sup>2</sup> (5% do diâmetro)
<b>Volume de confinamento</b>	1160 m <sup>3</sup>
<b>Considerações</b>	
A – Calculado pelo LeakMap	
B – Os valores para ruptura foram retirados do Aglomerado Humano denominado Ranchos (km 122,88). Os valores para furo com 20% do diâmetro foram retirados do Aglomerado Humano denominado Ranchos (km 122,88). Os valores para furo com 5% do diâmetro foram retirados do Aglomerado Humano denominado Ranchos (km 122,88).	



**Tabela 6.17 – Resumo dos Resultados Obtidos nas Simulações – Trecho Uberaba-Ribeirão Preto / Estação Meteorológica de Ribeirão Preto**

Hipótese	Tamanho	Direção	Flash		Nível de Radiação (kW/m <sup>2</sup> )								Nível de Sobrepressão (bar)						
			Dia	Noite	Dia				Noite				Dia			Noite			
					71,2	36	18,3	3	71,2	36	18,3	3	0,3	0,1	0,05	0,3	0,1	0,05	
Álcool Bombeado	fenda	HI	28,09	38,84	25,10	28,97	46,50	102,06	25,10	28,97	46,50	102,06	*	29,60	49,40	*	49,48	84,32	
		V	0,05	0,04	50,29	54,15	71,68	127,24	62,72	67,53	86,71	148,26	*	*	*	*	*	*	
		A	0,09	0,09	105,06	113,61	139,05	223,72	110,14	118,22	142,89	224,70	*	*	*	*	*	*	
	furo	HI	12,86	15,93	*	13,69	23,80	54,54	*	13,69	23,80	54,54	*	14,33	23,75	*	17,60	30,34	
		V	0,04	0,04	*	37,43	47,12	76,54	*	43,83	51,77	76,03	*	*	*	*	*	*	
		A	2,25	1,78	*	54,75	64,76	95,18	*	53,17	60,00	81,69	*	*	*	*	*	*	
	ruptura	V	21,84	36,27	25,41	29,34	47,00	103,01	25,39	29,32	46,98	102,98	*	43,34	77,01	*	1,41	2,83	
	Álcool não Bombeado	fenda	HI	26,54	36,86	24,15	27,73	44,72	98,38	24,15	27,73	44,72	98,38	*	34,24	58,70	*	48,06	81,46
			V	0,05	0,04	43,42	47,01	64,00	117,66	57,00	62,62	83,24	150,02	*	*	*	*	*	*
A			0,09	0,09	95,21	103,89	129,51	214,91	98,54	106,87	131,96	215,31	*	*	*	*	*	*	
furo		HI	12,61	15,15	*	13,38	23,33	53,54	*	13,38	23,33	53,54	*	14,73	24,52	*	18,06	31,26	
		V	0,04	0,04	*	37,32	48,32	81,90	*	36,61	45,66	72,99	*	*	*	*	*	*	
		A	1,51	1,08	*	54,65	67,47	106,90	*	55,80	68,10	105,81	*	*	*	*	*	*	
ruptura		HI	20,95	32,92	24,17	27,76	44,75	98,41	24,22	27,80	44,79	98,46	*	34,91	60,06	*	48,69	82,73	
Gasolina Bombeada		fenda	HI	90,33	120,03	*	*	25,25	74,18	*	*	25,25	74,18	*	88,56	129,93	*	100,95	142,32
			V	0,06	0,05	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	A		74,14	0,10	*	68,05	72,96	94,33	72,33	72,99	75,64	83,76	*	74,42	82,65	*	*	*	
	furo	HI	41,79	50,49	*	*	13,27	50,16	*	*	13,27	50,16	*	52,63	84,47	*	59,90	97,69	
		V	0,05	0,04	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
		A	2,82	2,12	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	ruptura	V	91,21	138,22	*	*	25,48	74,69	*	*	25,45	74,66	*	80,29	121,65	*	119,63	161,00	

\* Distância não atingida pelos efeitos físicos

- **Trecho Ribeirão Preto-REPLAN / Estação Meteorológica de Ribeirão Preto:**  
Liberação de produto desde o km 135+000 até o km 238+500. ( $\varnothing$  da linha=24”).

A caracterização dessa hipótese acidental, para fins de simulação, está apresentada nas Tabelas 6.18, 6.19 e 6.20 e os resultados dos cálculos para os vários níveis de efeitos avaliados neste trabalho são apresentados na Tabela 6.21.

**Tabela 6.18 - Dados de Entrada do Trecho Ribeirão Preto-REPLAN / Estação Meteorológica de Ribeirão Preto – Álcool Bombeado**

<b>Cenário</b>	Liberação de produto desde o km 135+000 até o km 238+500. ( $\varnothing$ da linha=24”).
<b>Modelos de Simulação Utilizados</b>	User Defined
<b>Diâmetro do vazamento</b>	609,9 mm (100% do diâmetro) 121,92 mm (20% do diâmetro) 30,48 mm (5% do diâmetro)
<b>Direção do vazamento</b>	Vertical (V) Angular 45° (A) Horizontal Impingement(HI)
<b>Altura da linha</b>	0 m
<b>Substância</b>	Etanol Bombeado
<b>Velocidade de vazamento<sup>A, B</sup></b>	6,1 m/s (100% do diâmetro) 61,0 m/s (20% do diâmetro) 120,7 m/s (5% do diâmetro)
<b>Diâmetro de gota<sup>A, B</sup></b>	15,70 mm (100% do diâmetro) 0,087 mm (20% do diâmetro) 0,036 mm (5% do diâmetro)
<b>Tempo de vazamento</b>	300 s (100% do diâmetro) 558 s (20% do diâmetro) 1758 s (5% do diâmetro)
<b>Taxa de vazamento<sup>A, B</sup></b>	842,7 kg/s (100% do diâmetro) 337,4 kg/s (20% do diâmetro) 41,7 kg/s (5% do diâmetro)
<b>Temperatura</b>	40°C
<b>Área da poça<sup>A, B</sup></b>	5561,7 m <sup>2</sup> (100% do diâmetro) 5080,6 m <sup>2</sup> (20% do diâmetro) 1212,5 m <sup>2</sup> (5% do diâmetro)
<b>Volume de confinamento</b>	4950 m <sup>3</sup>
<b>Considerações</b>	
A – Calculado pelo LeakMap	
B – Os valores para ruptura foram retirados do Aglomerado Humano denominado Região de Sítios (km 189,19). Os valores para furo com 20% do diâmetro foram retirados do Aglomerado Humano denominado Região de Sítios (km 189,19). Os valores para furo com 5% do diâmetro foram retirados do Aglomerado Humano denominado Região de Sítios (km 189,19).	



**Tabela 6.19 - Dados de Entrada do Trecho Ribeirão Preto-REPLAN / Estação Meteorológica de Ribeirão Preto – Álcool não Bombeado**

<b>Cenário</b>	Liberação de produto desde o km 135+000 até o km 238+500. (Ø da linha=24”).
<b>Modelos de Simulação Utilizados</b>	User Defined
<b>Diâmetro do vazamento</b>	609,9 mm (100% do diâmetro) 121,92 mm (20% do diâmetro) 30,48 mm (5% do diâmetro)
<b>Direção do vazamento</b>	Vertical (V) Angular 45° (A) Horizontal Impingement(HI)
<b>Altura da linha</b>	0 m
<b>Substância</b>	Etanol Parado
<b>Velocidade de vazamento<sup>A, B</sup></b>	3,9 m/s (100% do diâmetro) 49,2 m/s (20% do diâmetro) 57,0 m/s (5% do diâmetro)
<b>Diâmetro de gota<sup>A, B</sup></b>	24,30 mm (100% do diâmetro) 0,053 mm (20% do diâmetro) 0,013 mm (5% do diâmetro)
<b>Tempo de vazamento</b>	402 s (100% do diâmetro) 630 s (20% do diâmetro) 5562 s (5% do diâmetro)
<b>Taxa de vazamento<sup>A, B</sup></b>	536,6 kg/s (100% do diâmetro) 272,0 kg/s (20% do diâmetro) 19,7 kg/s (5% do diâmetro)
<b>Temperatura</b>	40°C
<b>Área da poça<sup>A, B</sup></b>	4792,6 m <sup>2</sup> (100% do diâmetro) 4792,6 m <sup>2</sup> (20% do diâmetro) 1131,3 m <sup>2</sup> (5% do diâmetro)
<b>Volume de confinamento</b>	4950 m <sup>3</sup>
<b>Considerações</b>	
A – Calculado pelo LeakMap	
B – Os valores para ruptura foram retirados do Aglomerado Humano denominado Região de Sítios (km 189,19). Os valores para furo com 20% do diâmetro foram retirados do Aglomerado Humano denominado Região de Sítios (km 189,19). Os valores para furo com 5% do diâmetro foram retirados do Aglomerado Humano denominado Região de Sítios (km 189,19).	



**Tabela 6.20 - Dados de Entrada do Trecho Ribeirão Preto-REPLAN / Estação Meteorológica de Ribeirão Preto – Gasolina Bombuada**

<b>Cenário</b>	Liberação de produto desde o km 135+000 até o km 238+500. (Ø da linha=24”).
<b>Modelos de Simulação Utilizados</b>	User Defined
<b>Diâmetro do vazamento</b>	609,9 mm (100% do diâmetro) 121,92 mm (20% do diâmetro) 30,48 mm (5% do diâmetro)
<b>Direção do vazamento</b>	Vertical (V) Angular 45° (A) Horizontal Impingement(HI)
<b>Altura da linha</b>	0 m
<b>Substância</b>	Gasolina
<b>Velocidade de vazamento<sup>A, B</sup></b>	6,1 m/s (100% do diâmetro) 59,8 m/s (20% do diâmetro) 123,6 m/s (5% do diâmetro)
<b>Diâmetro de gota<sup>A, B</sup></b>	5,56 mm (100% do diâmetro) 0,058 mm (20% do diâmetro) 0,014 mm (5% do diâmetro)
<b>Tempo de vazamento</b>	300 s (100% do diâmetro) 546 s (20% do diâmetro) 1656 s (5% do diâmetro)
<b>Taxa de vazamento<sup>A, B</sup></b>	801,0 kg/s (100% do diâmetro) 314,1 kg/s (20% do diâmetro) 40,6 kg/s (5% do diâmetro)
<b>Temperatura</b>	40°C
<b>Área da poça<sup>A, B</sup></b>	5970,5 m <sup>2</sup> (100% do diâmetro) 5521,7 m <sup>2</sup> (20% do diâmetro) 1256,7 m <sup>2</sup> (5% do diâmetro)
<b>Volume de confinamento</b>	4950 m <sup>3</sup>
<b>Considerações</b>	
A – Calculado pelo LeakMap	
B – Os valores para ruptura foram retirados do Aglomerado Humano denominado Região de Sítios (km 189,19). Os valores para furo com 20% do diâmetro foram retirados do Aglomerado Humano denominado Região de Sítios (km 189,19). Os valores para furo com 5% do diâmetro foram retirados do Aglomerado Humano denominado Região de Sítios (km 189,19).	



**Tabela 6.21 – Resumo dos Resultados Obtidos nas Simulações – Trecho Ribeirão Preto-REPLAN / Estação Meteorológica de Ribeirão Preto**

Hipótese	Tamanho	Direção	Flash		Nível de Radiação (kW/m <sup>2</sup> )								Nível de Sobrepressão (bar)						
			Dia	Noite	Dia				Noite				Dia			Noite			
					71,2	36	18,3	3	71,2	36	18,3	3	0,3	0,1	0,05	0,3	0,1	0,05	
Álcool Bombeado	fenda	HI	50,52	72,99	41,23	50,02	75,86	162,01	41,23	50,02	75,86	162,01	*	69,65	114,76	*	97,52	160,68	
		V	*	*	66,89	75,69	101,52	187,67	103,37	116,36	148,45	258,74	*	*	*	*	*	*	
		A	0,11	0,10	175,80	196,44	239,65	393,22	182,83	202,88	245,24	395,50	*	*	*	*	*	*	
	furo	HI	22,16	29,98	20,66	23,23	38,21	84,85	20,66	23,23	38,21	84,85	*	30,54	51,19	*	33,09	56,42	
		V	0,04	0,04	*	59,89	73,06	113,67	*	70,86	79,56	105,84	*	*	*	*	*	*	
		A	3,90	3,26	96,53	99,30	114,65	162,63	104,53	106,95	121,53	166,91	*	*	*	*	*	*	
	ruptura	V	52,42	69,10	43,20	52,60	79,30	168,84	43,24	52,64	79,34	168,88	*	89,60	154,86	*	95,18	161,01	
	Álcool não Bombeado	fenda	HI	47,70	68,73	40,07	48,52	73,78	157,81	40,07	48,52	73,78	157,81	*	61,99	104,41	*	88,33	147,25
			V	*	*	62,20	70,65	95,91	179,94	76,33	84,77	110,04	194,07	*	*	*	*	*	*
A			0,11	0,10	157,75	178,68	222,30	377,48	164,84	185,02	227,57	378,58	*	*	*	*	*	*	
furo		HI	19,49	25,60	19,99	22,39	36,95	82,22	19,99	22,39	36,95	82,22	*	14,28	23,65	*	32,11	54,44	
		V	0,04	0,04	41,61	44,01	58,57	103,84	46,07	48,30	62,47	106,45	*	*	*	*	*	*	
		A	0,09	0,08	68,38	72,82	91,42	150,79	72,87	77,61	96,66	157,76	*	*	*	*	*	*	
ruptura		HI	37,25	62,43	40,08	48,53	73,80	157,83	40,10	48,54	73,81	157,84	*	67,54	120,61	*	1,56	3,13	
Gasolina Bombeada		fenda	HI	168,81	223,46	*	*	42,94	114,70	*	*	42,94	114,70	*	146,42	213,52	*	209,21	276,31
			V	11,22	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	74,39	129,48	*	*
	A		14,41	154,31	*	*	102,60	138,57	*	*	110,98	146,63	*	136,30	187,14	*	162,35	208,52	
	furo	HI	71,52	92,98	*	*	21,01	64,73	*	*	21,01	64,73	*	80,55	126,54	*	111,42	178,52	
		V	0,05	0,04	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		A	4,86	3,95	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	ruptura	V	201,29	230,69	*	*	44,70	118,52	*	*	44,76	118,58	*	164,89	231,98	*	230,68	297,78	

\* Distância não atingida pelos efeitos físicos

- **Trecho Ribeirão Preto-REPLAN / Estação Meteorológica de REPLAN:**  
Liberação de produto desde o km 238+500 até o km 342+700. ( $\varnothing$  da linha=24”).

A caracterização dessa hipótese acidental, para fins de simulação, está apresentada nas Tabelas 6.22, 6.23 e 6.24 e os resultados dos cálculos para os vários níveis de efeitos avaliados neste trabalho são apresentados na Tabela 6.25.

**Tabela 6.22 - Dados de Entrada do Trecho Ribeirão Preto-REPLAN / Estação Meteorológica de REPLAN – Álcool Bombeado**

<b>Cenário</b>	Liberação de produto desde o km 238+500 até o km 342+700. ( $\varnothing$ da linha=24”).
<b>Modelos de Simulação Utilizados</b>	User Defined
<b>Diâmetro do vazamento</b>	609,9 mm (100% do diâmetro) 121,92 mm (20% do diâmetro) 30,48 mm (5% do diâmetro)
<b>Direção do vazamento</b>	Vertical (V) Angular 45° (A) Horizontal Impingement(HI)
<b>Altura da linha</b>	0 m
<b>Substância</b>	Etanol Bombeado
<b>Velocidade de vazamento<sup>A, B</sup></b>	6,2 m/s (100% do diâmetro) 54,6 m/s (20% do diâmetro) 91,4 m/s (5% do diâmetro)
<b>Diâmetro de gota<sup>A, B</sup></b>	45,90 mm (100% do diâmetro) 0,125 mm (20% do diâmetro) 0,053 mm (5% do diâmetro)
<b>Tempo de vazamento</b>	300 s (100% do diâmetro) 600 s (20% do diâmetro) 2820 s (5% do diâmetro)
<b>Taxa de vazamento<sup>A, B</sup></b>	853,5 kg/s (100% do diâmetro) 301,5 kg/s (20% do diâmetro) 31,6 kg/s (5% do diâmetro)
<b>Temperatura</b>	40°C
<b>Área da poça<sup>A, B</sup></b>	3741,0 m <sup>2</sup> (100% do diâmetro) 3238,3 m <sup>2</sup> (20% do diâmetro) 1363,8 m <sup>2</sup> (5% do diâmetro)
<b>Volume de confinamento</b>	3312 m <sup>3</sup>
<b>Considerações</b>	
A – Calculado pelo LeakMap	
B – Os valores para ruptura foram retirados do Aglomerado Humano denominado Propriedade Rural (km 276,59). Os valores para furo com 20% do diâmetro foram retirados do Aglomerado Humano denominado Propriedade Rural (km 272,52). Os valores para furo com 5% do diâmetro foram retirados do Aglomerado Humano denominado Propriedade Rural (km 272,52).	

**Tabela 6.23 - Dados de Entrada do Trecho Ribeirão Preto-REPLAN / Estação Meteorológica de REPLAN – Álcool não Bombeado**

<b>Cenário</b>	Liberação de produto desde o km 238+500 até o km 342+700. (Ø da linha=24”).
<b>Modelos de Simulação Utilizados</b>	User Defined
<b>Diâmetro do vazamento</b>	609,9 mm (100% do diâmetro) 121,92 mm (20% do diâmetro) 30,48 mm (5% do diâmetro)
<b>Direção do vazamento</b>	Vertical (V) Angular 45° (A) Horizontal Impingement(HI)
<b>Altura da linha</b>	0 m
<b>Substância</b>	Etanol Parado
<b>Velocidade de vazamento<sup>A, B</sup></b>	1,9 m/s (100% do diâmetro) 36,6 m/s (20% do diâmetro) 58,9 m/s (5% do diâmetro)
<b>Diâmetro de gota<sup>A, B</sup></b>	117,00 mm (100% do diâmetro) 0,206 mm (20% do diâmetro) 0,025 mm (5% do diâmetro)
<b>Tempo de vazamento</b>	468 s (100% do diâmetro) 666 s (20% do diâmetro) 4290 s (5% do diâmetro)
<b>Taxa de vazamento<sup>A, B</sup></b>	257,3 kg/s (100% do diâmetro) 202,2 kg/s (20% do diâmetro) 20,3 kg/s (5% do diâmetro)
<b>Temperatura</b>	40°C
<b>Área da poça<sup>A, B</sup></b>	2962,2 m <sup>2</sup> (100% do diâmetro) 2912,7 m <sup>2</sup> (20% do diâmetro) 1298,8 m <sup>2</sup> (5% do diâmetro)
<b>Volume de confinamento</b>	3312 m <sup>3</sup>
<b>Considerações</b>	
A – Calculado pelo LeakMap	
B – Os valores para ruptura foram retirados do Aglomerado Humano denominado Proximidade à edificações (km 268,74). Os valores para furo com 20% do diâmetro foram retirados do Aglomerado Humano Bairro Jardim Jandira (km 239,15). Os valores para furo com 5% do diâmetro foram retirados do Aglomerado Humano denominado Propriedade Rural (km 272,52).	



**Tabela 6.24 - Dados de Entrada do Trecho Ribeirão Preto-REPLAN / Estação Meteorológica de REPLAN – Gasolina Bombeada**

<b>Cenário</b>	Liberação de produto desde o km 238+500 até o km 342+700. ( $\varnothing$ da linha=24”).
<b>Modelos de Simulação Utilizados</b>	User Defined
<b>Diâmetro do vazamento</b>	609,9 mm (100% do diâmetro) 121,92 mm (20% do diâmetro) 30,48 mm (5% do diâmetro)
<b>Direção do vazamento</b>	Vertical (V) Angular 45° (A) Horizontal Impingement(HI)
<b>Altura da linha</b>	0 m
<b>Substância</b>	Gasolina
<b>Velocidade de vazamento<sup>A, B</sup></b>	6,2 m/s (100% do diâmetro) 55,7 m/s (20% do diâmetro) 91,4 m/s (5% do diâmetro)
<b>Diâmetro de gota<sup>A, B</sup></b>	5,38 mm (100% do diâmetro) 0,067 mm (20% do diâmetro) 0,024 mm (5% do diâmetro)
<b>Tempo de vazamento</b>	300 s (100% do diâmetro) 582 s (20% do diâmetro) 2652 s (5% do diâmetro)
<b>Taxa de vazamento<sup>A, B</sup></b>	811,2 kg/s (100% do diâmetro) 292,7 kg/s (20% do diâmetro) 30,8 kg/s (5% do diâmetro)
<b>Temperatura</b>	40°C
<b>Área da poça<sup>A, B</sup></b>	4119,8 m <sup>2</sup> (100% do diâmetro) 3654,6 m <sup>2</sup> (20% do diâmetro) 1402,2 m <sup>2</sup> (5% do diâmetro)
<b>Volume de confinamento</b>	3312 m <sup>3</sup>
<b>Considerações</b>	
A – Calculado pelo LeakMap	
B – Os valores para ruptura foram retirados do Aglomerado Humano denominado Propriedade Rural (km 276,59). Os valores para furo com 20% do diâmetro foram retirados do Aglomerado Humano denominado Propriedade Rural (km 272,52). Os valores para furo com 5% do diâmetro foram retirados do Aglomerado Humano Bairro Jardim Jandira (km 239,15).	



**Tabela 6.25 – Resumo dos Resultados Obtidos nas Simulações – Trecho Ribeirão Preto-REPLAN / Estação Meteorológica de REPLAN**

Hipótese	Tamanho	Direção	Flash		Nível de Radiação (kW/m <sup>2</sup> )								Nível de Sobrepressão (bar)					
			Dia	Noite	Dia				Noite				Dia			Noite		
					71,2	36	18,3	3	71,2	36	18,3	3	0,3	0,1	0,05	0,3	0,1	0,05
Álcool Bombeado	fenda	HI	30,91	34,04	33,12	42,56	65,16	133,48	33,12	42,06	64,35	132,58	*	44,68	74,66	*	52,15	89,67
		V	*	*	96,09	115,62	148,99	261,16	115,18	131,51	162,09	263,71	*	*	*	*	*	*
		A	0,12	0,10	156,58	179,87	217,49	346,67	178,12	202,97	243,52	384,99	*	*	*	*	*	*
	furo	HI	16,69	17,97	21,85	26,73	43,55	90,48	21,85	26,42	42,94	89,84	*	17,82	30,78	*	21,76	38,68
		V	0,04	0,04	*	60,26	70,55	96,39	*	86,19	97,91	129,21	*	*	*	*	*	*
		A	1,90	0,08	*	81,90	91,55	115,51	96,85	100,09	114,53	154,31	*	*	*	*	*	*
ruptura	V	30,24	55,04	35,76	46,18	69,91	142,63	35,69	45,54	68,99	141,61	*	60,12	105,69	*	73,20	121,13	
Álcool não Bombeado	fenda	HI	28,04	30,49	31,46	40,24	62,03	127,28	31,46	39,76	61,25	126,42	*	31,30	52,81	*	49,42	84,18
		V	*	*	55,50	64,28	86,07	151,32	102,29	123,76	160,34	285,92	*	*	*	*	*	*
		A	0,12	0,10	134,06	160,64	201,99	346,16	140,59	166,77	208,91	356,73	*	*	*	*	*	*
	furo	HI	15,35	16,41	21,34	26,01	42,56	88,52	21,34	25,73	41,97	87,89	*	16,02	27,14	*	21,05	37,25
		V	0,04	0,04	*	47,26	58,74	88,18	*	58,27	71,77	108,39	*	*	*	*	*	*
		A	0,09	0,08	*	62,05	72,96	100,53	75,61	80,87	98,39	148,81	*	*	*	*	*	*
ruptura	HI	16,94	23,84	31,76	40,65	62,56	128,29	31,80	40,20	61,81	127,46	*	25,43	46,06	*	0,78	1,56	
Gasolina Bombeada	fenda	HI	104,89	127,56	*	*	35,12	106,06	*	*	35,12	104,23	*	108,09	166,77	*	118,35	177,30
		V	*	*	66,35	67,78	72,50	85,95	66,35	67,78	72,51	85,95	*	*	*	*	*	*
		A	90,74	5,04	*	94,66	98,39	130,76	*	*	111,92	148,72	*	91,74	95,29	*	*	*
	furo	HI	55,51	62,80	*	*	22,14	74,07	*	*	22,14	72,68	*	66,03	105,93	*	86,57	143,67
		V	0,05	0,04	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		A	3,28	2,05	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
ruptura	V	168,87	200,12	*	*	37,34	111,30	*	*	37,38	109,45	*	130,05	188,73	*	185,22	244,17	

\* Distância não atingida pelos efeitos físicos



- **Trecho REPLAN-Taubaté / Estação Meteorológica de REPLAN:** Liberação de produto desde o km 342+700 até o km 441+500. ( $\varnothing$  da linha=24”).

A caracterização dessa hipótese acidental, para fins de simulação, está apresentada nas Tabelas 6.26, 6.27 e 6.28 e os resultados dos cálculos para os vários níveis de efeitos avaliados neste trabalho são apresentados na Tabela 6.29.

**Tabela 6.26 - Dados de Entrada do Trecho REPLAN-Taubaté / Estação Meteorológica de REPLAN – Álcool Bombeado**

<b>Cenário</b>	Liberação de produto desde o km 342+700 até o km 441+500. ( $\varnothing$ da linha=24”).
<b>Modelos de Simulação Utilizados</b>	User Defined
<b>Diâmetro do vazamento</b>	609,9 mm (100% do diâmetro) 121,92 mm (20% do diâmetro) 30,48 mm (5% do diâmetro)
<b>Direção do vazamento</b>	Vertical (V) Angular 45° (A) Horizontal Impingement(HI)
<b>Altura da linha</b>	0 m
<b>Substância</b>	Etanol Bombeado
<b>Velocidade de vazamento<sup>A, B</sup></b>	3,3 m/s (100% do diâmetro) 70,8 m/s (20% do diâmetro) 141,5 m/s (5% do diâmetro)
<b>Diâmetro de gota<sup>A, B</sup></b>	7,10 mm (100% do diâmetro) 0,071 mm (20% do diâmetro) 0,018 mm (5% do diâmetro)
<b>Tempo de vazamento</b>	300 s (100% do diâmetro) 534 s (20% do diâmetro) 1812 s (5% do diâmetro)
<b>Taxa de vazamento<sup>A, B</sup></b>	461,4 kg/s (100% do diâmetro) 391,2 kg/s (20% do diâmetro) 48,9 kg/s (5% do diâmetro)
<b>Temperatura</b>	40°C
<b>Área da poça<sup>A, B</sup></b>	4642,3 m <sup>2</sup> (100% do diâmetro) 4373,1 m <sup>2</sup> (20% do diâmetro) 1370,1 m <sup>2</sup> (5% do diâmetro)
<b>Volume de confinamento</b>	2850 m <sup>3</sup>
<b>Considerações</b>	
A – Calculado pelo LeakMap	
B – Os valores para ruptura foram retirados do Aglomerado Humano denominado CLC (km 355,65). Os valores para furo com 20% do diâmetro foram retirados do Aglomerado Humano denominado CLC (km 355,65). Os valores para furo com 5% do diâmetro foram retirados do Aglomerado Humano Bairro Tanquinho (km 355,00).	



**Tabela 6.27 - Dados de Entrada do Trecho REPLAN-Taubaté / Estação Meteorológica de REPLAN – Álcool não Bombeado**

<b>Cenário</b>	Liberação de produto desde o km 342+700 até o km 441+500. ( $\varnothing$ da linha=24”).
<b>Modelos de Simulação Utilizados</b>	User Defined
<b>Diâmetro do vazamento</b>	609,9 mm (100% do diâmetro) 121,92 mm (20% do diâmetro) 30,48 mm (5% do diâmetro)
<b>Direção do vazamento</b>	Vertical (V) Angular 45° (A) Horizontal Impingement(HI)
<b>Altura da linha</b>	0 m
<b>Substância</b>	Etanol Parado
<b>Velocidade de vazamento<sup>A, B</sup></b>	1,5 m/s (100% do diâmetro) 35,8 m/s (20% do diâmetro) 102,5 m/s (5% do diâmetro)
<b>Diâmetro de gota<sup>A, B</sup></b>	27,50 mm (100% do diâmetro) 0,072 mm (20% do diâmetro) 0,027 mm (5% do diâmetro)
<b>Tempo de vazamento</b>	3138 s (100% do diâmetro) 624 s (20% do diâmetro) 456 s (5% do diâmetro)
<b>Taxa de vazamento<sup>A, B</sup></b>	210,6 kg/s (100% do diâmetro) 197,7 kg/s (20% do diâmetro) 35,4 kg/s (5% do diâmetro)
<b>Temperatura</b>	40°C
<b>Área da poça<sup>A, B</sup></b>	4412,1 m <sup>2</sup> (100% do diâmetro) 4104,6 m <sup>2</sup> (20% do diâmetro) 1320,2 m <sup>2</sup> (5% do diâmetro)
<b>Volume de confinamento</b>	2850 m <sup>3</sup>
<b>Considerações</b>	
A – Calculado pelo LeakMap	
B – Os valores para ruptura foram retirados do Aglomerado Humano denominado CLC (km 355,65). Os valores para furo com 20% do diâmetro foram retirados do Aglomerado Humano denominado CLC (km 355,65). Os valores para furo com 5% do diâmetro foram retirados do Aglomerado Humano Bairro Tanquinho (km 355,00).	



**Tabela 6.28 - Dados de Entrada do Trecho REPLAN-Taubaté / Estação Meteorológica de REPLAN – Gasolina Bombeada**

<b>Cenário</b>	Liberação de produto desde o km 342+700 até o km 441+500. ( $\varnothing$ da linha=24”).
<b>Modelos de Simulação Utilizados</b>	User Defined
<b>Diâmetro do vazamento</b>	609,9 mm (100% do diâmetro) 121,92 mm (20% do diâmetro) 30,48 mm (5% do diâmetro)
<b>Direção do vazamento</b>	Vertical (V) Angular 45° (A) Horizontal Impingement(HI)
<b>Altura da linha</b>	0 m
<b>Substância</b>	Gasolina
<b>Velocidade de vazamento<sup>A, B</sup></b>	3,3 m/s (100% do diâmetro) 70,6 m/s (20% do diâmetro) 144,6 m/s (5% do diâmetro)
<b>Diâmetro de gota<sup>A, B</sup></b>	19,00 mm (100% do diâmetro) 0,042 mm (20% do diâmetro) 0,010 mm (5% do diâmetro)
<b>Tempo de vazamento</b>	300 s (100% do diâmetro) 528 s (20% do diâmetro) 1698 s (5% do diâmetro)
<b>Taxa de vazamento<sup>A, B</sup></b>	428,6 kg/s (100% do diâmetro) 371,1 kg/s (20% do diâmetro) 47,5 kg/s (5% do diâmetro)
<b>Temperatura</b>	40°C
<b>Área da poça<sup>A, B</sup></b>	4916,0 m <sup>2</sup> (100% do diâmetro) 4673,8 m <sup>2</sup> (20% do diâmetro) 1414,6 m <sup>2</sup> (5% do diâmetro)
<b>Volume de confinamento</b>	2850 m <sup>3</sup>
<b>Considerações</b>	
A – Calculado pelo LeakMap	
B – Os valores para ruptura foram retirados do Aglomerado Humano denominado CLC (km 355,65). Os valores para furo com 20% do diâmetro foram retirados do Aglomerado Humano denominado CLC (km 355,65). Os valores para furo com 5% do diâmetro foram retirados do Aglomerado Humano EMBRAPA – MA (km 352,40).	



**Tabela 6.29 – Resumo dos Resultados Obtidos nas Simulações – Trecho REPLAN-Taubaté / Estação Meteorológica de REPLAN**

Hipótese	Tamanho	Direção	Flash		Nível de Radiação (kW/m <sup>2</sup> )								Nível de Sobrepressão (bar)						
			Dia	Noite	Dia				Noite				Dia			Noite			
					71,2	36	18,3	3	71,2	36	18,3	3	0,3	0,1	0,05	0,3	0,1	0,05	
Álcool Bombeado	fenda	HI	35,65	41,20	38,32	49,92	74,91	152,71	38,32	49,32	74,01	151,70	*	48,74	82,82	*	63,91	108,27	
		V	*	*	100,97	116,13	144,80	237,80	140,65	156,92	187,42	288,73	*	*	*	*	*	*	
		A	0,12	0,10	173,56	194,40	229,22	347,23	204,37	227,35	265,72	398,43	*	*	*	*	*	*	
	furo	HI	17,96	19,84	21,89	26,79	43,64	90,67	21,89	26,48	43,04	90,03	*	19,63	34,41	*	22,16	39,49	
		V	0,04	0,04	*	71,26	71,58	77,14	*	129,67	142,87	178,67	*	*	*	*	*	*	
		A	5,26	4,55	*	110,08	121,42	150,49	*	132,02	144,90	179,62	*	*	*	*	*	*	
	ruptura	V	31,97	32,95	39,45	51,52	77,01	156,85	39,44	50,87	76,09	155,81	*	51,53	88,39	*	1,46	2,93	
	Álcool não Bombeado	fenda	HI	31,75	34,94	37,16	48,21	72,74	148,44	37,16	47,69	71,86	147,45	*	45,59	76,49	*	53,00	91,38
			V	*	*	62,81	73,86	98,39	174,09	70,53	81,07	105,24	180,83	*	*	*	*	*	*
A			0,12	0,10	127,00	151,00	189,41	321,79	136,36	160,31	199,80	337,04	*	*	*	*	*	*	
furo		HI	16,76	18,22	21,51	26,26	42,89	89,17	21,51	25,96	42,30	88,54	*	17,84	30,81	*	22,06	39,29	
		V	0,04	0,04	*	63,45	73,84	99,94	*	88,20	98,15	123,76	*	*	*	*	*	*	
		A	3,02	1,72	*	88,25	99,27	127,26	*	97,14	107,04	132,40	*	*	*	*	*	*	
ruptura		HI	16,41	24,48	38,53	50,21	75,26	153,37	38,53	49,60	74,37	152,35	*	23,07	41,32	*	0,56	1,13	
Gasolina Bombeada		fenda	HI	118,62	146,73	*	*	39,58	116,89	*	*	39,58	114,92	*	110,25	166,06	*	125,50	181,57
			V	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	A		0,20	0,18	110,43	111,59	115,05	123,55	134,11	135,53	140,14	152,99	*	*	*	*	*	*	
	furo	HI	17,83	19,95	22,23	27,25	44,30	91,99	22,23	26,93	43,69	91,34	*	15,33	25,77	*	22,07	39,32	
		V	0,04	0,04	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		A	5,56	4,83	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	ruptura	V	107,96	146,49	*	*	40,59	119,27	*	*	40,56	117,25	*	105,25	161,06	*	122,31	178,37	

\* Distância não atingida pelos efeitos físicos

- **Trecho REPLAN-Taubaté / Estação Meteorológica de Taubaté:** Liberação de produto desde o km 441+500 até o km 540+760. ( $\varnothing$  da linha=24”).

A caracterização dessa hipótese acidental, para fins de simulação, está apresentada nas Tabelas 6.30, 6.31 e 6.32 e os resultados dos cálculos para os vários níveis de efeitos avaliados neste trabalho são apresentados na Tabela 6.33.

**Tabela 6.30 - Dados de Entrada do Trecho REPLAN-Taubaté / Estação Meteorológica de Taubaté – Álcool Bombeado**

<b>Cenário</b>	Liberação de produto desde o km 441+500 até o km 540+760. ( $\varnothing$ da linha=24”).
<b>Modelos de Simulação Utilizados</b>	User Defined
<b>Diâmetro do vazamento</b>	609,9 mm (100% do diâmetro) 121,92 mm (20% do diâmetro) 30,48 mm (5% do diâmetro)
<b>Direção do vazamento</b>	Vertical (V) Angular 45° (A) Horizontal Impingement(HI)
<b>Altura da linha</b>	0 m
<b>Substância</b>	Etanol Bombeado
<b>Velocidade de vazamento<sup>A, B</sup></b>	3,1 m/s (100% do diâmetro) 60,7 m/s (20% do diâmetro) 98,8 m/s (5% do diâmetro)
<b>Diâmetro de gota<sup>A, B</sup></b>	17,40 mm (100% do diâmetro) 0,109 mm (20% do diâmetro) 0,081 mm (5% do diâmetro)
<b>Tempo de vazamento</b>	300 s (100% do diâmetro) 726 s (20% do diâmetro) 2292 s (5% do diâmetro)
<b>Taxa de vazamento<sup>A, B</sup></b>	423,4 kg/s (100% do diâmetro) 335,4 kg/s (20% do diâmetro) 34,1 kg/s (5% do diâmetro)
<b>Temperatura</b>	40°C
<b>Área da poça<sup>A, B</sup></b>	2590,1 m <sup>2</sup> (100% do diâmetro) 2573,5 m <sup>2</sup> (20% do diâmetro) 1386,8 m <sup>2</sup> (5% do diâmetro)
<b>Volume de confinamento</b>	4260 m <sup>3</sup>
<b>Considerações</b>	
A – Calculado pelo LeakMap	
B – Os valores para ruptura foram retirados do Aglomerado Humano Cachoeira Baixa (km 422,10). Os valores para furo com 20% do diâmetro foram retirados do Aglomerado Humano Cachoeira Baixa (km 422,10). Os valores para furo com 5% do diâmetro foram retirados do Aglomerado Humano Cachoeira Baixa (km 422,10).	

**Tabela 6.31 - Dados de Entrada do Trecho REPLAN-Taubaté / Estação Meteorológica de Taubaté – Álcool não Bombeado**

<b>Cenário</b>	Liberação de produto desde o km 441+500 até o km 540+760. ( $\varnothing$ da linha=24”).
<b>Modelos de Simulação Utilizados</b>	User Defined
<b>Diâmetro do vazamento</b>	609,9 mm (100% do diâmetro) 121,92 mm (20% do diâmetro) 30,48 mm (5% do diâmetro)
<b>Direção do vazamento</b>	Vertical (V) Angular 45° (A) Horizontal Impingement(HI)
<b>Altura da linha</b>	0 m
<b>Substância</b>	Etanol Parado
<b>Velocidade de vazamento<sup>A, B</sup></b>	3,3 m/s (100% do diâmetro) 55,6 m/s (20% do diâmetro) 75,3 m/s (5% do diâmetro)
<b>Diâmetro de gota<sup>A, B</sup></b>	24,30 mm (100% do diâmetro) 0,086 mm (20% do diâmetro) 0,047 mm (5% do diâmetro)
<b>Tempo de vazamento</b>	414 s (100% do diâmetro) 546 s (20% do diâmetro) 3018 s (5% do diâmetro)
<b>Taxa de vazamento<sup>A, B</sup></b>	454,0 kg/s (100% do diâmetro) 307,2 kg/s (20% do diâmetro) 26,0 kg/s (5% do diâmetro)
<b>Temperatura</b>	40°C
<b>Área da poça<sup>A, B</sup></b>	2203,7 m <sup>2</sup> (100% do diâmetro) 2098,7 m <sup>2</sup> (20% do diâmetro) 1255,5 m <sup>2</sup> (5% do diâmetro)
<b>Volume de confinamento</b>	4260 m <sup>3</sup>
<b>Considerações</b>	
A – Calculado pelo LeakMap	
B – Os valores para ruptura foram retirados do Aglomerado Humano Cachoeira Baixa (km 422,10). Os valores para furo com 20% do diâmetro foram retirados do Aglomerado Humano Cachoeira Baixa (km 422,10). Os valores para furo com 5% do diâmetro foram retirados do Aglomerado Humano Cachoeira Baixa (km 422,10).	



**Tabela 6.32 - Dados de Entrada do Trecho REPLAN-Taubaté / Estação Meteorológica de Taubaté – Gasolina Bombeado**

<b>Cenário</b>	Liberação de produto desde o km 441+500 até o km 540+760. ( $\varnothing$ da linha=24”).
<b>Modelos de Simulação Utilizados</b>	User Defined
<b>Diâmetro do vazamento</b>	609,9 mm (100% do diâmetro) 121,92 mm (20% do diâmetro) 30,48 mm (5% do diâmetro)
<b>Direção do vazamento</b>	Vertical (V) Angular 45° (A) Horizontal Impingement(HI)
<b>Altura da linha</b>	0 m
<b>Substância</b>	Gasolina
<b>Velocidade de vazamento<sup>A, B</sup></b>	3,0 m/s (100% do diâmetro) 60,9 m/s (20% do diâmetro) 101,8 m/s (5% do diâmetro)
<b>Diâmetro de gota<sup>A, B</sup></b>	23,00 mm (100% do diâmetro) 0,056 mm (20% do diâmetro) 0,020 mm (5% do diâmetro)
<b>Tempo de vazamento</b>	300 s (100% do diâmetro) 696 s (20% do diâmetro) 2160 s (5% do diâmetro)
<b>Taxa de vazamento<sup>A, B</sup></b>	400,1 kg/s (100% do diâmetro) 319,8 kg/s (20% do diâmetro) 33,4 kg/s (5% do diâmetro)
<b>Temperatura</b>	40°C
<b>Área da poça<sup>A, B</sup></b>	2665,9 m <sup>2</sup> (100% do diâmetro) 2532,0 m <sup>2</sup> (20% do diâmetro) 1454,2 m <sup>2</sup> (5% do diâmetro)
<b>Volume de confinamento</b>	4260 m <sup>3</sup>
<b>Considerações</b>	
A – Calculado pelo LeakMap	
B – Os valores para ruptura foram retirados do Aglomerado Humano Cachoeira Baixa (km 422,10). Os valores para furo com 20% do diâmetro foram retirados do Aglomerado Humano Cachoeira Baixa (km 422,10). Os valores para furo com 5% do diâmetro foram retirados do Aglomerado Humano Cachoeira Baixa (km 422,10).	



**Tabela 6.33 – Resumo dos Resultados Obtidos nas Simulações – Trecho REPLAN-Taubaté / Estação Meteorológica de Taubaté**

Hipótese	Tamanho	Direção	Flash		Nível de Radiação (kW/m <sup>2</sup> )								Nível de Sobrepressão (bar)					
			Dia	Noite	Dia				Noite				Dia			Noite		
					71,2	36	18,3	3	71,2	36	18,3	3	0,3	0,1	0,05	0,3	0,1	0,05
Álcool Bombeado	fenda	HI	21,42	23,98	29,63	41,06	62,49	121,13	29,63	40,00	61,38	120,59	*	31,62	53,42	*	35,59	61,37
		V	*	*	17,52	53,93	113,39	268,29	17,52	42,64	105,13	267,30	*	*	*	*	*	*
		A	0,13	0,10	18,97	67,42	146,45	306,13	16,42	55,94	144,85	306,80	*	*	*	*	*	*
	furo	HI	14,12	13,83	22,02	29,33	47,17	91,82	22,02	28,60	46,26	91,42	*	15,87	26,85	*	18,21	31,56
		V	0,04	0,04	2,30	9,38	33,42	89,86	1,28	6,31	27,75	88,94	*	*	*	*	*	*
		A	3,46	2,06	*	145,17	154,79	173,40	*	117,31	130,35	159,93	*	*	*	*	*	*
ruptura	V	20,71	17,92	29,78	41,25	62,73	121,54	29,72	40,12	61,55	120,94	*	36,66	63,59	*	30,20	55,66	
Álcool não Bombeado	fenda	HI	19,96	21,70	26,86	36,79	56,96	110,56	26,86	35,80	55,92	110,08	*	20,07	35,30	*	33,33	56,90
		V	*	*	17,56	52,88	110,16	259,00	17,56	42,15	102,36	258,18	*	*	*	*	*	*
		A	0,13	0,10	18,63	63,46	140,98	295,25	16,22	53,19	139,28	295,85	*	*	*	*	*	*
	furo	HI	12,94	12,73	21,00	27,66	45,08	87,81	21,00	27,05	44,20	87,43	*	14,85	24,79	*	17,55	30,23
		V	0,04	0,04	2,94	10,84	33,31	81,73	1,95	7,23	28,06	81,00	*	*	*	*	*	*
		A	1,36	0,08	*	115,33	126,48	149,19	*	88,89	95,44	109,21	*	*	*	*	*	*
ruptura	HI	19,97	16,82	27,56	37,80	58,30	113,07	27,51	36,79	57,19	112,52	*	27,76	50,74	*	33,43	62,14	
Gasolina Bombeada	fenda	HI	70,27	79,20	*	*	29,40	101,82	*	*	29,40	98,91	*	90,33	146,22	*	98,17	161,99
		V	*	*	9,88	71,72	109,38	244,11	22,36	67,17	108,73	245,58	*	*	*	*	*	*
		A	0,20	0,19	72,20	118,75	152,25	323,66	70,17	121,52	156,26	330,96	*	*	*	*	*	*
	furo	HI	14,07	14,02	22,53	30,06	48,20	93,80	22,53	29,35	47,28	93,39	*	15,99	27,09	*	18,21	31,56
		V	0,04	0,04	2,14	8,94	32,63	88,69	1,24	6,01	26,99	87,81	*	*	*	*	*	*
		A	3,67	2,45	*	141,66	147,78	160,06	*	109,69	118,97	138,02	*	*	*	*	*	*
ruptura	V	54,37	77,49	24,88	44,62	58,21	124,43	21,60	41,91	55,78	120,19	*	86,05	149,13	*	98,19	162,00	

\* Distância não atingida pelos efeitos físicos

## 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 sigmoide. A Tabela 6.34 apresenta o PROBIT em função da probabilidade de morte (%).

**Tabela 6.34 – 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/m<sup>2</sup>).

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.



De acordo com a Tabela 6.34 os valores de Probit para 1, 50 e 99% de fatalidade são de 2,67, 5,00 e 7,33. Sendo assim, a Tabela 6.35 a seguir apresenta os valores de radiação térmica correspondentes à probabilidade de fatalidade.

**Tabela 6.35 – PROBIT e Probabilidade de Fatalidade**

<b>Tempo de exposição (s)</b>	<b>PROBIT</b>	<b>Probabilidade de fatalidade (%)</b>	<b>Radiação Térmica (kW/m<sup>2</sup>)</b>
20	7,33	99	71,2
20	5,00	50	36,0
20	2,67	1	18,3

A relação entre PROBIT e probabilidade de fatalidade foi extraída de TNO – *Purple Book*, Pág. 5.2.

O nível de radiação de 3,0 kW/m<sup>2</sup> também foi utilizado, porém ressalta-se que esse nível não gera fatalidades, pois o valor de PROBIT a partir da equação de radiações térmicas é inferior a 2,67, verifica-se que o percentual de fatalidade é inferior a 1%.

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:

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

$$Pr = 2,45$$

Desta forma, consultando-se a Tabela 7.13, 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 6.36 apresenta alguns efeitos observados para diferentes níveis de sobrepressão decorrente de explosões.

**Tabela 6.36 – Níveis de Sobrepressão e Efeitos Observados**

<b>Sobrepressão (bar)</b>	<b>Efeitos Observados</b>
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 0,4 bar, 0,3 bar e 0,1 bar, que representam 99%, 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. O valor de sobrepressão de 0,05 bar também foi utilizado visando subsidiar a futura elaboração do Plano de Emergência Local - PEL, porém ressalta-se que esse valor não gera fatalidades.

### **6.6.2 Considerações Finais**

O Anexo XIII apresenta o Mapeamento da Vulnerabilidade, onde são apresentadas as maiores distâncias para 1, 50 e 99% de fatalidade para cada área vulnerável.

A Tabela 6.37 apresenta os maiores alcances para 1% de fatalidade para os efeitos de radiação térmica e sobrepressão, os quais estão associados à máxima distância utilizada para a estimativa de risco e para a elaboração do Anexo I, Anexo III e da Tabela 2.7.

A partir do mapeamento dos alcances dos efeitos físicos (Anexos XII) e da vulnerabilidade (Anexo XIII) gerados, foi elaborada a Tabela 6.38 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 6.37 – Maiores Alcances das hipóteses por trecho**

Trecho	Estação Meteorológica	Hipótese mais crítica para radiação – 1% de fatalidade		Hipótese mais crítica para sobrepressão – 1% de fatalidade	
		Descrição	Distância (m)	Descrição	Distância (m)
Uberaba – Ribeirão Preto	Araxá	Álcool Bombeado - Furo Angular	224,67	Gasolina - Ruptura	60,62
Uberaba – Ribeirão Preto	Ribeirão Preto	Álcool Bombeado - Fenda Angular	142,89	Gasolina - Ruptura	119,63
Ribeirão Preto – REPLAN	Ribeirão Preto	Álcool Bombeado - Fenda Angular	245,24	Gasolina - Ruptura	230,68
Ribeirão Preto – REPLAN	REPLAN	Álcool Bombeado - Fenda Angular	243,52	Gasolina - Ruptura	185,22
REPLAN – Taubaté	REPLAN	Álcool Bombeado - Fenda Angular	265,72	Gasolina – Fenda Horizontal Impigement	125,50
REPLAN – Taubaté	Taubaté	Álcool Bombeado - Furo Angular	156,26	Gasolina - Ruptura	98,19



**Tabela 6.38 – Hipóteses Seleccionadas/ Aglomerados Humanos Significativos no Alcance dos Efeitos Físicos/ Vulnerabilidade**

Ponto Notável	Hipótese	Distância (m)	Município	Localidade	Localização (km)	Lado*	Extensão (m)	Qtd. pessoas	Nº construções	+ Próxima (m)
104	Trecho Ribeirão Preto-REPLAN – Estação de Ribeirão Preto	245,24	Porto Ferreira	Porto Belo II	232+350	LE	186	400	100	160
105			Porto Ferreira	Porto Belo I	232+500	LE	180	136	34	160
107			Porto Ferreira	Recreio São Lázaro	234+000	LE	437	76	19	10
111		245,24	Porto Ferreira	Vila Sibila	235+200	LD	275	64	16	10
112			Porto Ferreira	Jardim Anibal	235+275	LD	234	48	12	95
114		245,52	Porto Ferreira	Bairro Jardim Dorneles	236+800	LD	300	308	77	5
115			Porto Ferreira	Bairro Jardim Independência	237+150	LD	300	412	103	5
116			Porto Ferreira	Bairro Jardim Jandira	237+500	LD	400	200	50	60
151		Trecho Ribeirão Preto-REPLAN – Estação da REPLAN	243,52	Leme	Fazendas	276+117	LD	575	96	12
161	243,52		Araras	Residências	302+000	LE	270	192	48	80
168	243,52		Engenheiro Coelho	Residências	309+100	LD	89	120	30	65
174			Engenheiro Coelho	Louis Dreyfus Commodities	313+718	LD	420	40	12	80
175			Engenheiro Coelho	Chácaras	314+600	AL	90	80	20	20
176			Artur Nogueira	Centro médico adventista Lagoa Bonita	317+600	LE	402	80	20	5

**Tabela 6.38 – Hipóteses Seleccionadas/ Aglomerados Humanos Significativos no Alcance dos Efeitos Físicos/ Vulnerabilidade**

Ponto Notável	Hipótese	Distância (m)	Município	Localidade	Localização (km)	Lado*	Extensão (m)	Qtd. pessoas	Nº construções	+ Próxima (m)
180A	Trecho Ribeirão Preto-REPLAN – Estação da REPLAN	243,52	Artur Nogueira	Residências	320+625	LD	500	168	42	100
183			Artur Nogueira	Residências	324+000	LD	886	120	30	123
208	Trecho REPLAN-Taubaté – Estação da REPLAN	265,72	Jaguariúna	Bairro Tanquinho	355+000	AL	700	200	16	8
213			Campinas	Bairro Monte Belo	360+800	LE	500	100	25	35
216			Campinas	Bairro Gargantilha	365+000	LE	400	52	13	60
244			Piracaia	Cachoeira Baixa II e Vila Pereira	440+600	AL	200	80	20	5
245	Trecho REPLAN-Taubaté – Estação da Taubaté	156,26	Piracaia	Cachoeira Baixa	441+600	AL	200	96	24	5
249			Igaratá	Bairro do Peão	461+350	AL	100	40	10	5
256		156,26	São José dos Campos	Bairro do Costinha	499+000	AL	400	192	38	10
261		156,26	Caçapava	Jardim Itamaraty	518+500	LE	550	120	30	20
262			Caçapava	Bairro Marambaia	521+153	LD	400	192	48	20

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

Com base nos aglomerados populacionais significativos identificados (Tabela 6.38) e nos alcances de vulnerabilidade mapeados (Anexo XIII) podemos observar que para o limite de 1% de vulnerabilidade, algumas comunidades são atingidas totalmente e outras parcialmente.

A Tabela 6.39 apresenta um resumo dos maiores alcances para 1% de fatalidade para os efeitos de radiação térmica e sobrepressão, e 100% de fatalidade para *Flashfire*. Vale ressaltar que as distâncias para 3 kW/m<sup>2</sup> e 0,05 bar são utilizadas somente no Plano de Emergência.

**Tabela 6.39 – Maiores Alcances das hipóteses por trecho**

Trecho	Estação Meteorológica	Hipótese mais crítica para radiação – 1% de fatalidade		Hipótese mais crítica para sobrepressão – 1% de fatalidade		Hipótese mais crítica para <i>flashfire</i> – 100% de fatalidade	
		Descrição	Distância (m)	Descrição	Distância (m)	Descrição	Distância (m)
Uberaba – Ribeirão Preto	Araxá	Álcool Bombeado - Furo Angular	224,60	Gasolina - Ruptura	60,62	Gasolina - Ruptura	48,73
Uberaba – Ribeirão Preto	Ribeirão Preto	Álcool Bombeado - Fenda Angular	142,89	Gasolina - Ruptura	119,63	Gasolina - Ruptura	138,22
Ribeirão Preto – REPLAN	Ribeirão Preto	Álcool Bombeado - Fenda Angular	245,24	Gasolina - Ruptura	230,68	Gasolina - Ruptura	230,69
Ribeirão Preto – REPLAN	REPLAN	Álcool Bombeado - Fenda Angular	243,52	Gasolina - Ruptura	185,22	Gasolina - Ruptura	200,12
REPLAN – Taubaté	REPLAN	Álcool Bombeado - Fenda Angular	265,72	Gasolina – Fenda Horizontal Impigement	125,50	Gasolina – Fenda Horizontal Impigement	146,73
REPLAN – Taubaté	Taubaté	Álcool Bombeado - Furo Angular	154,79	Gasolina - Ruptura	98,19	Gasolina – Fenda Horizontal Impigement	79,20

### **6.6.3 Escalonamento dos dados decorrentes de incêndio ou explosão nos dutos existentes na faixa do Poliduto SEDA**

O efeito dominó é definido como uma sucessão de eventos desencadeados após a ocorrência de um evento inicial, provocando uma série de outras conseqüências em instalações circunvizinhas que possuam produtos perigosos.

Neste relatório avaliou-se a influência de um evento acidental ocorrido no Poliduto SEDA, em outras instalações.

O efeito dominó ocorre se, pelo menos um dos dois seguintes efeitos vier a ocorrer:

1) Sobrepressão: os valores de sobrepressão devem ser suficientes para causar danos em estruturas ou equipamentos circunvizinhos, e conseqüentemente causar um novo vazamento.

Resumidamente, diz-se que a “carga” de explosão age sobre uma estrutura ou obstáculo de quatro maneiras diferentes:

- A frente da onda não atinge o obstáculo;
- A frente da onda alcança o obstáculo, ocorre o fenômeno de reflexão e depois o decaimento da pressão;
- A explosão envolve a estrutura;
- A frente da onda passa pela estrutura.

Conforme apresentado anteriormente, 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.

Em função do enfoque desta análise ser o efeito sobre os outros dutos presentes na faixa compartilhada do poliduto SEDA, buscou-se no TNO “Green Book” a correlação entre a sobrepressão e os danos produzidos em tubulações, conforme mostra a Tabela 6.40.



**Tabela 6.40 - Danos Devido a Sobrepressão**

Sobrepressão (bar)	Danos
0,35 – 0,40	Deslocamento e/ou quebra de tubulação
0,40 – 0,55	Colapso da tubulação

Fonte: TNO “Green book”, Cap. 2, p.47.

Desta forma, conforme pode ser observado nos resultados dos cálculos das conseqüências, apresentados nas tabelas 6.13, 6.17, 6.21, 6.25, 6.29 e 6.33, só foram obtidos resultados para sobrepressão de 0,1 bar e 0,05 bar, descartando a possibilidade de efeito dominó causado por sobrepressão aos dutos adjacentes ao poliduto SEDA.

2) Radiação Térmica: para que o efeito dominó tenha início por radiação térmica, além da necessidade de elevados valores de radiação térmica, há a necessidade de um prolongado tempo de exposição para que possa causar o dano estimado.

A Tabela 6.41 apresenta valores de radiação críticos para materiais avaliados pelo TNO, válido para um tempo de exposição superior a 30 minutos. No caso estaremos avaliando para danos de nível 1, ou seja, possibilidades de danos estruturais significativos (colapso).

**Tabela .6.41 – Valores de Radiação Críticos**

Material	Intensidade de Radiação Crítica (kW/m <sup>2</sup> )	
	Danos Nível 1	Danos Nível 2
Madeira	15	2
Material sintético	15	2
Vidro	4	-
Aço	100	25

Fonte TNO “Green book”, Chapter 1, p.47.

Os parâmetros para análise de danos materiais, decorrentes de radiações térmicas foram obtidas na referência *Purple-Book TNO* para instalações de superfície.


Os materiais críticos de análise são madeira, material sintético, vidro e aço. Os dois primeiros são combustíveis e podem levar a incêndios secundários. O vidro, apesar de não ser combustível, pode quebrar sob efeito de mudança de temperatura. O aço, não protegido para temperaturas elevadas, também não é combustível, mas a resistência e dureza reduzem quando a temperatura aumenta, podendo levar a uma falha estrutural.

Os danos materiais devido ao calor de radiação térmica podem ser diferenciados em dois níveis:

- Danos nível 1: ignição da superfície exposta e sua quebra ou outro tipo de falha estrutural (colapso).
- Danos nível 2: descoloração da superfície do material, descascamento da pintura e/ou deformação dos elementos estruturais.

A radiação térmica necessária para atingir o dano nível 1 é mais alta que a necessária para o dano nível 2.

No caso de instalações industriais, os equipamentos de processo, de armazenamento ou dutos de transporte de produtos perigosos são normalmente de aço, material de interesse para este estudo. A falha estrutural de um destes pode levar a acidentes secundários do acidente inicial (efeito dominó).



No caso de estruturas de aço, a relação entre a superfície do corpo exposto, a radiação e incidência da chama não tem um valor fixo, mas depende da geometria do elemento e de uma análise de transferência de calor e do tempo de exposição.

Assim, deve ocorrer uma série de eventos em cadeia, ou seja, após a ocorrência de um vazamento é necessário que ocorra a ignição do produto, a chama tem que estar direcionada para a outra tubulação, não enterrada, por um período de tempo prolongado, esta tem que sofrer um colapso estrutural e o produto liberado tem que ser ignizado. Esta situação também não prevê a adoção dos procedimentos emergenciais.

Com o objetivo de se validar a hipótese de que a ocorrência de efeito dominó é extremamente remota, analisaram-se os resultados da hipótese mais crítica quanto a radiação térmica do Poliduto SEDA, que é no trecho REPLAN – Taubaté, estação meteorológica da REPLAN, transferindo álcool bombeado, na tipologia fenda, na direção de liberação Angular 45°.

Nessa hipótese foi simulada a radiação térmica incidida sobre o duto adjacente ao SEDA que está a uma distância estimada de 3 m, correspondendo a 11,55 kW/m<sup>2</sup>. Levando-se em consideração que 1 kW = 860 kcal/h tem-se um fluxo de calor de 9933 kcal/h.

O relatório de simulação do PHAST para essa hipótese encontra-se no Anexo XIV – Relatório de conseqüências para o Cálculo do Efeito Dominó.

Assumindo de modo conservativo que o duto adjacente ao SEDA estará exposto a esse fluxo de calor durante o todo o tempo do vazamento que é 534 segundos, o mesmo irá absorver 1473 kcal.

Conforme descrito anteriormente, segundo o TNO – Green Book, capítulo 7, páginas 40 a 45 a radiação total por m<sup>2</sup> na qual um equipamento sofre danos estruturais, durante um intervalo de tempo de 0,5 horas é de 43.000 kcal. A quantidade total de calor absorvida por m<sup>2</sup> sobre os dutos adjacentes é de 1473 kcal, correspondente a aproximadamente 3% da energia para se chegar a algum dano ao duto. Desta forma, nenhum dano estrutural à qualquer duto adjacente ao poliduto SEDA se dará por efeito de radiação no pior cenário do mesmo.

