

## **Análise dos eventos envolvendo liberação de substâncias inflamáveis em instalações industriais no estado de São Paulo.**

Fernanda Marques de Moura e Mariana Alves da Silva, Adriana Miralles Schleder  
Universidade Estadual de São Paulo “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP)

Marcelo Ramos Martins  
Universidade de São Paulo (USP)

### **1. INTRODUÇÃO**

Nos processos industriais é comum a utilização de materiais perigosos que, sem as precauções necessárias, podem causar incêndios, explosões ou liberar gases tóxicos. Estas substâncias podem estar presentes em diversas etapas do processo, geralmente necessitam ser armazenadas, transportadas, processadas, transformadas e misturadas a outros produtos. Independente da etapa, os riscos ao usar esses tipos de materiais devem ser identificados e medidas de prevenção e mitigação adequadas devem ser adotadas, incluindo a elaboração de um plano de emergência [1].

Fortuitamente por algum erro em algum dos procedimentos, falta de manutenção adequada ou outro motivo, algumas dessas etapas do processo podem sair do controle e, conseqüentemente, ultrapassar os limites que estavam sendo considerados toleráveis em projeto. Quando isto acontece de forma eventual e repentina é tratado como um acidente tecnológico, acidente ambiental envolvendo produtos químicos ou emergência química [2].

Acidentes devido à substâncias perigosas, como as inflamáveis, além dos malefícios, direta ou indiretamente, que podem causar aos funcionários, os efeitos podem se alastrar e afetar a segurança e a saúde da comunidade, causar impactos ao meio ambiente e danos a propriedade pública e privada [2]. Portanto, é de extrema importância que a avaliação destes riscos deva conter pontos como o nível de segurança que deve ser adotado, a garantia quanto à estabilidade química das substâncias, quais etapas do processo industrial requer mais controle e as condições de segurança das instalações; para obter essas informações deve-se realizar um processo de análise de riscos [1] [3]. É importante salientar que para uma prevenção de acidentes de fábrica eficaz, faz-se necessário investigar as causas raízes dos eventos indesejados.

Comumente encontra-se organizações que consideram as causas como “falha humana” algumas vezes de maneira equivocada, isso ocorre pelo pensamento difundido no século 19, dos primórdios da engenharia de segurança, onde a solução foi elaborar maquinários considerados “a prova de erros” [4]. Atualmente, mesmo com alto nível da tecnologia, ocorrem acidentes nas indústrias e, não raro, com danos catastróficos e irreversíveis [3]. As causas desses acidentes também podem ser fatores responsáveis por perdas de produtividade, devido, por exemplo, a vazamentos ou instabilidade de temperatura e pressão. Logo, fatores como esses merecem atenção e investimentos para estudo e tratamento.

A grande maioria dos acidentes da indústria química envolvem incêndios, explosões ou emissões tóxicas, os produtos responsáveis têm caráter inflamável e tóxico. Por conta disso, a avaliação de segurança das instalações, evitando que aconteçam acidentes resultantes de incêndios e explosões, deve ter conhecimento de três aspectos principais: as propriedades do incêndio e explosão dos materiais; a natureza do processo de incêndio ou explosão; e os procedimentos para reduzir os perigos de incêndio ou explosão [5].

O presente estudo apresenta uma análise destes eventos, e tem como objetivo quantificar os acidentes e incidentes que ocorreram nas instalações industriais brasileiras, em especial em São Paulo, nos quais existiram liberações de substâncias inflamáveis, no período entre 1978 a 2019, e identificar as suas causas e fatores contribuintes, empregando dados históricos oficiais.

### **2. ACIDENTES INDUSTRIAIS HISTÓRICOS PELO MUNDO**

A regulamentação relacionada com a utilização de materiais perigosos em atividades industriais está ligada de forma direta com alguns acidentes catastróficos que ocorreram ao longo dos últimos 50 anos, causados, em parte, devido à rápida e descuidada industrialização [5]. Foi após esses incidentes que surgiram projetos para o desenvolvimento de materiais seguros, investigação de causas e automatização de tarefas que envolviam maiores riscos [5] [1].

Em junho de 1974 houve um acidente em uma fábrica de produção de caprolactama, localizada em Flixborough no norte da Inglaterra, onde ocorreu um vazamento de cerca de 30 a 50 toneladas de ciclohexano a alta temperatura, devido ao rompimento de uma das tubagens, o que originou uma nuvem de vapor não confinada que explodiu. A explosão foi sentida em um raio de 13 km da fábrica, que ficou totalmente destruída e causou danos materiais ao redor, a morte de 28 pessoas e ferimentos graves a mais de 100. Este acidente deveu-se à substituição temporária de um dos reatores pela instalação de uma tubagem provisória, que não foi instalada com eficácia, bem como seus efeitos não foram controlados, levando a ruptura. Quando aconteceu o vazamento não havia qualquer engenheiro responsável na fábrica e o cenário não foi controlado de imediato, causando a explosão [1] [3].

No ano de 1976, dia 10 de julho, em Meda, uma cidade do norte de Milão (Itália), ocorreu um acidente envolvendo uma fábrica de químicos, na parte onde era produzida a substância triclorofenol. O reator liberou uma nuvem tóxica após uma reação exotérmica, que se espalhou por mais quatro cidades italianas. O relato diz que fábrica teria conhecimento da falta de segurança na produção pela utilização de dioxina numa das fases de produção, porém os efeitos dessa toxina não eram claros, não havia certeza sobre os efeitos nocivos que teria para a saúde humana. No dia 24 de julho foi dado início às evacuações e mais de 700 pessoas de Meda e Seveso saíram de suas casas. Em relação ao meio ambiente, animais morrem e outros tiveram que ser sacrificados para evitar o consumo de animais infectados [6].

Outro acidente numa fábrica de pesticidas em Bhopal, na Índia, em 1984, envolveu a liberação de 40 toneladas de isocianato e hidrocianeto (gases tóxicos), através de um tanque durante uma operação de rotina. Neste caso, houve negligência em relação aos meios de segurança e prevenção, não sendo acionados corretamente, além disso, a sirene de aviso para a população estava desligada. Os gases causaram queimaduras nos rostos e pulmões, prejudicando todo o sistema do corpo humano ao entrarem na corrente sanguínea. A estimativa é que depois de 3 dias após a exposição haviam falecido cerca de 8 mil pessoas e os sobreviventes sofrem com problemas crônicos e imunitários, afetando também suas gerações, pois é um problema genético [1].

Em 1986, no dia 26 de abril, na central nuclear em Chernobyl (Ucrânia) durante a realização de um teste de segurança, um dos reatores fragmentou-se e entrou em autocombustão, a camada de isolante de 2000 toneladas do reator arrebentou, fazendo com que o núcleo do reator ficasse exposto, libertando uma nuvem de fumo e vapor composto por diversas substâncias radioativas que de imediato se depositaram em redor da central. As primeiras vítimas foram as pessoas que tentaram combater o incêndio logo após sua iniciação, pois não estavam com proteção adequada para o contato com os elementos tóxicos. Neste caso, foram registrados 30 focos de incêndios, para cobrir o principal foco de libertação de matéria radioativa utilizaram toneladas de matérias sobre o reator. Há diferentes dados sobre o número de vítimas, mas até 2007 ainda eram notificados problemas de saúde relacionados com a exposição desses gases [7].

No dia 21 de setembro de 2001, em Toulouse, França, ocorreu uma explosão em uma fábrica de produção de fertilizantes, no piso de armazenamento de nitrato de amônio. Neste dia a fábrica recebeu cerca de 400 toneladas de nitrato de amônio, a substância estava armazenada de forma adequada e separada em partes e não conseguiram descobrir a causa que levou ao acidente. A explosão gerou diversos acontecimentos como incêndios em 21 tanques da fábrica; originou um sismo de 3,4 de magnitude na escala Richter; afetou a rede telefônica em um raio de 100km; 500 casas foram destruídas; houveram 30 mortes e mais de 2400 pessoas ficaram feridas. Além disso, essa explosão impactou o meio ambiente de forma grave, contaminando águas subterrâneas e poluição atmosférica [8].

Os acidentes descritos foram os que mais impactaram, historicamente, trazendo à tona a importância do estudo e investimento na área da prevenção de acidentes com substâncias inflamáveis, uma vez que em qualquer indústria que utiliza esse tipo de material tem elevado risco de coisas como essas acontecerem.

Esses tipos de ocorrências não pararam no século XIX, na verdade, continuam acontecendo. Um levantamento encontrado no “*Journal of Loss Prevention in the Process Industries*” utilizado por Shih-Fang Tsai, An-Chi Huang e Chi-Min Shu em 2017, mostra os 20 principais acidentes industriais com vítimas pelo mundo envolvendo substâncias químicas entre 2005 e 2014, como mostra a Tabela 1, de forma cronológica.

**Tabela 1 - Principais acidentes industriais entre 2005 e 2014.**

Local	Substância	Tipo	Ferido/morto	Observação
Texas, EUA	Óleo leve	Explosão	180/15	

Local	Substância	Tipo	Ferido/morto	Observação
Jilin, China	Nitrobenzeno	Explosão	60/8	
Buncefield, Reino Unido	Gasolina	Explosão	43/0	
Osaka, Japão	Alumínio	Explosão	2/0	
Hebei, China	-	Incêndio	80/4	Operação inadequada
Florida, EUA	Trinitrotolueno	Explosão	14/4	
Istanbul, Turquia	Trinitrotolueno	Explosão	68/17	
Markazi Province, Irã	-	Explosão	38/30	Faísca de soldagem
Georgia, EUA	Poeira	Explosão	42/13	
Liaoning, China	-	Incêndio	2/3	
Penang, Malásia	Gás	Explosão	5/1	
Ahmedabad, Índia	Trinitrotolueno	Explosão	100/30	
Kharg Island, Irã	-	Explosão	0/4	Pressão da caldeira alta
Liaoning, China	Óleo pesado	Explosão	30/0	
Guangxi, China	Trinitrotolueno	Explosão	11/4	Planta de fogos de artifício
Amuay, Venezuela	Propano	Explosão	130/50	
Hyogo, Japão	Ácido acrílico	Explosão	30/1	Um bombeiro morto
Jeollanam, Coreia	Polietileno	Explosão	11/6	Faísca de soldagem
Jiangsu, China	Poeira	Explosão	9/8	
Moerdijk, Países Baixos	Etilbenzeno	Explosão	2/0	

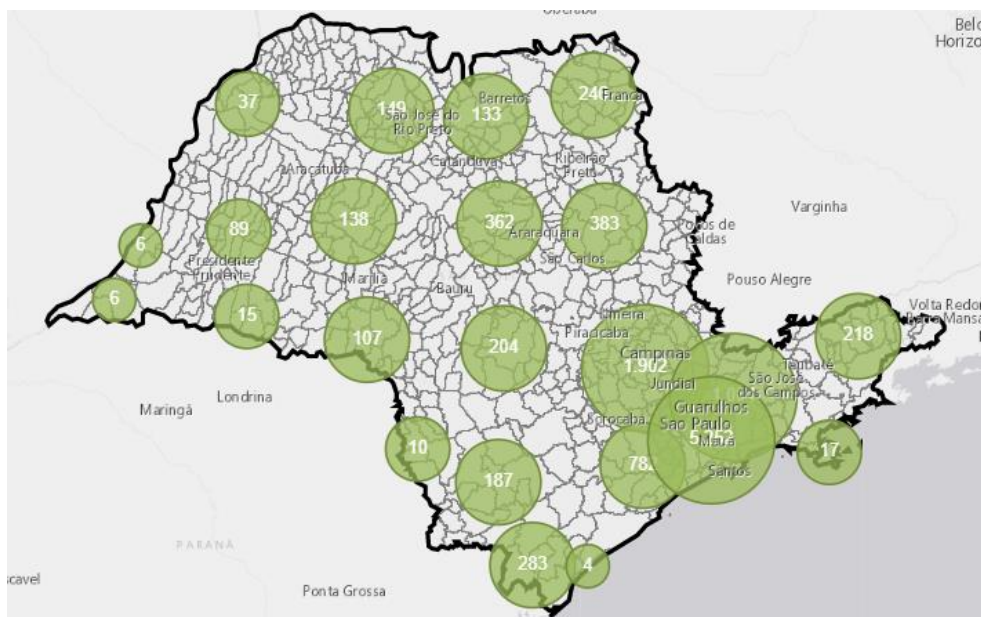
Fonte: (TSAI, HUANG e SHU, 2017)

### 3. ACIDENTES INDUSTRIAIS NO BRASIL, COM FOCO EM SÃO PAULO.

Segundo o SIRENA (Sistema de Referência e Análise de Prevenção de Acidentes de Trabalho), em 2010 no Brasil, os acidentes de trabalho na indústria de transformação resultaram em 811 vítimas. A maioria dos motivos apontados foram em relação ao modo operatório inadequado à segurança ou perigo e falha na antecipação ou detecção de risco [3].

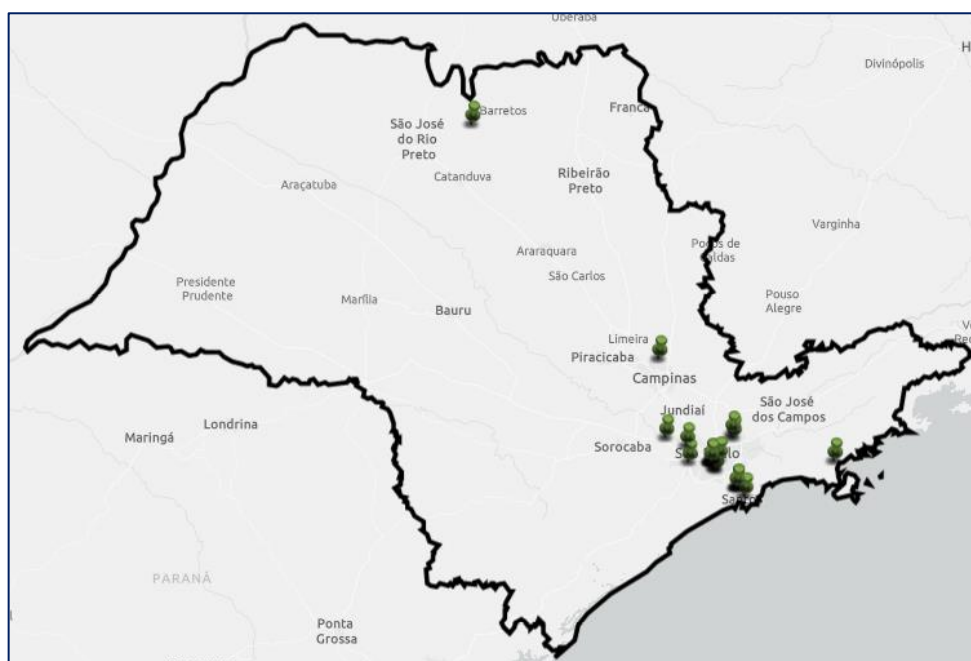
De acordo com a Comissão Nacional de Segurança Química (CONASQ), haviam 882 plantas químicas no Brasil em 2003, sendo o estado de São Paulo com mais plantas, seguido pelo Rio de Janeiro e depois pelo Rio Grande do Sul [9].

No estado de São Paulo há a CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo), órgão estadual responsável pelo licenciamento ambiental, que, dentre outras coisas, fornece informações em relação aos atendimentos realizados desde 1978, como o local, a substância envolvida, causa (cadastradas no sistema), o meio atingido, se houve vítimas ou evacuações, de uma atividade específica (em determinados casos não se encontra algumas dessas informações). A Figura 1 mostra a quantidade de emergências químicas atendidas pela CETESB no Estado de São Paulo até a data desta pesquisa, o tamanho do círculo corresponde ao número de ocorrências.

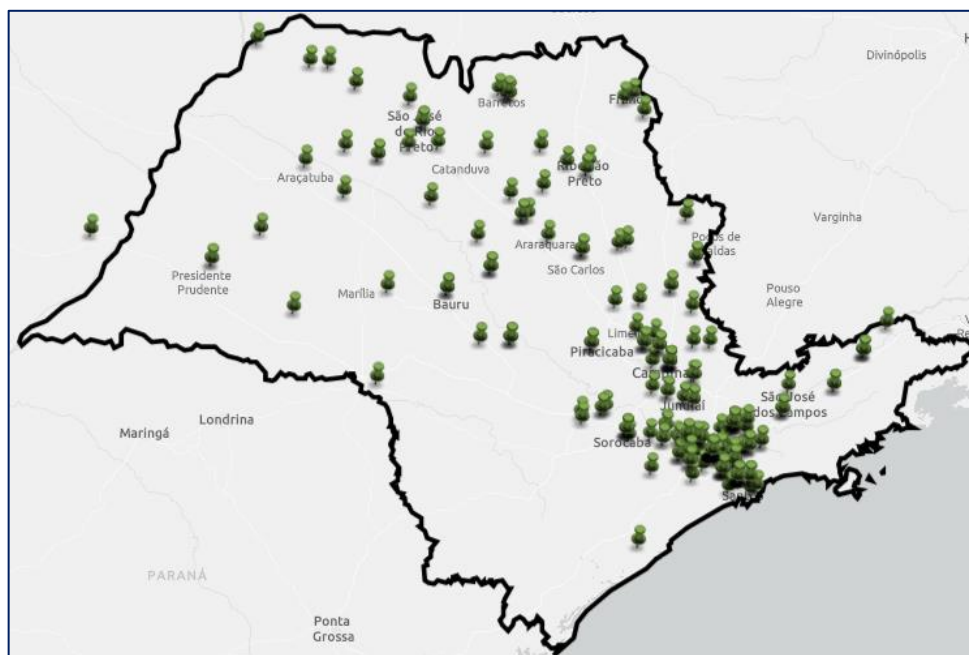


**Figura 1** - Relação de acidentes químicos atendidos pela CETESB no Estado de São Paulo  
Fonte: (CETESB)

A **Figura 1** foi retirada do Sistema de Georreferenciamento de Emergências Químicas da CETESB, o qual possibilita consultar as ocorrências atendidas, e pela imagem é possível notar que a maior concentração de acidentes ocorre na região da capital paulista e seus arredores. Em resumo, foram 11.536 ocorrências, contendo 2.127 vítimas, dentre essas 314 fatais e 1.813 feridas, na região envolvendo a cidade de São Paulo e algumas outras próximas, foram mais de 5.000 ocorrências. A **Figura 2** e a **Figura 3**, retiradas do mesmo aplicativo, representam as regiões onde ocorreram os acidentes envolvendo gases e líquidos inflamáveis, respectivamente.



**Figura 2** - Relação de acidentes químicos envolvendo gases inflamáveis atendidos pela CETESB no Estado de São Paulo.  
Fonte: (CETESB)



**Figura 3** - Relação de acidentes químicos envolvendo líquidos inflamáveis pela CETESB no Estado de São Paulo.  
Fonte: (CETESB)

Analisando as duas figuras, é possível inferir que mesmo limitando as substâncias envolvidas nas ocorrências, as regiões de maior atendimento pela CETESB continuam sendo a capital de São Paulo e os municípios próximos. Além disso, ao comparar as figuras 2 e 3, é possível notar que há um maior número de acidentes envolvendo líquidos inflamáveis do que os envolvendo gases inflamáveis. De acordo com a CETESB, a categoria de líquidos inflamáveis engloba por definição líquidos, mistura de líquidos ou líquidos contendo sólidos em solução ou em suspensão, os quais produzem vapores inflamáveis a temperaturas de até 60,5° C em teste de vaso fechado.

Usando o Sistema de Informações sobre Emergências Químicas da CETESB (SIEQ) é possível fazer um levantamento dos acidentes envolvendo substâncias inflamáveis (apenas atendidos pela CETESB), desde 1978, no caso desta pesquisa, separados por gases e líquidos inflamáveis utilizados nas indústrias. A Tabela 2 mostra os 27 registros encontrados para gases inflamáveis, em relação a líquidos inflamáveis houveram 127 até a data desta pesquisa, portanto, a Tabela 3 mostra os acidentes registrados partir de 2011 (31 ocorrências), na coluna relacionada com os vazamentos são fornecidas informações de vazamento em relação aos produtos envolvidos, em caso de acidentes com mais de um produto pode ocorrer de nem todos vazarem, sendo assim nesta coluna são dispostas essas informações (vazamento não estimado, quantidade de vazamento ou não houve vazamento) de forma respectiva com os produtos da coluna de “produtos”.

**Tabela 2** - Ocorrências atendidas pela CETESB envolvendo gases inflamáveis na atividade industrial.

Data	Município	Causa	Produto	Meio atingido	Vazamento
24/01/1987	Barueri	-	Cloreto de Vinila	-	100 L
13/06/1991	Cubatão	-	Hidrogênio Comprimido	-	Não estimado
02/02/1994	Cubatão	-	Gás Natural	-	Não estimado
09/02/1995	São Paulo	-	GLP – Gases de Petróleo Liquefeitos	-	Não estimado
21/08/1997	Cubatão	-	Gás de Refinaria	-	Não estimado
01/09/1997	Cubatão	-	Gás de Refinaria	-	Não estimado

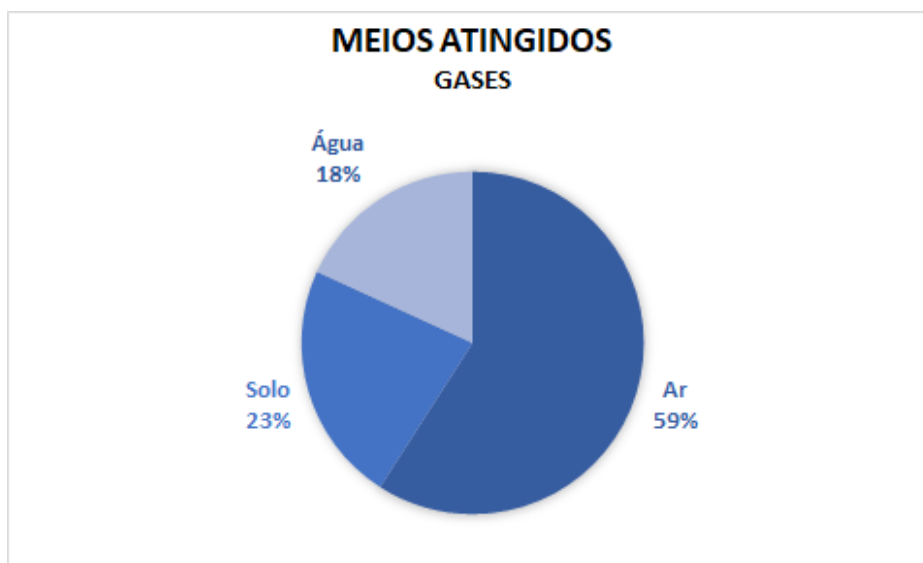


<b>Data</b>	<b>Município</b>	<b>Causa</b>	<b>Produto</b>	<b>Meio atingido</b>	<b>Vazamento</b>
01/12/1999	São Caetano do Sul	Tubulação	Gás Natural	Ar	-
05/11/2000	Araçariguama	Tanque	Cloreto de Metila	Ar e solo	Não estimado
14/07/2002	São Paulo	Falha Operacional	GLP – Gases de Petróleo Liquefeitos	Não houve	Não estimado
26/09/2002	São Paulo	Falha Operacional	GLP – Gases de Petróleo Liquefeitos	Não houve	Não estimado
02/02/2004	Embu das Artes	Outra	Várias substâncias envolvidas	Não houve	Não estimado
07/06/2004	Guarulhos	Outra	GLP – Gases de Petróleo Liquefeitos	Não houve	Não estimado
03/05/2005	São Paulo	Tubulação	GLP – Gases de Petróleo Liquefeitos	Não houve	Não estimado
27/06/2005	Diadema	Outra	GLP – Gases de Petróleo Liquefeitos	Ar	Não estimado
20/02/2006	Caraguatatuba	Outra	Acetileno, Hidróxido de Sódio e soda caustica (solução)	Água e solo	Não estimado
17/05/2007	São Paulo	Incêndio	GLP e Ácido Clorídrico (solução)	Ar e solo	Não estimado/400 L*
05/01/2008	São Paulo	Tubulação	GLP – Gases de Petróleo Liquefeitos	Ar e solo	1000 Kg
01/07/2009	São Paulo	-	Cloreto de Metila e de Metileno e mistura de produtos químicos	Ar	Não estimado/Não houve
05/12/2009	São Paulo	Incêndio	GLP – Gases de Petróleo Liquefeitos	Ar	Não estimado
27/01/2010	Paulínia	Extravasamento	Monômero inibido de Estireno, Butadieno e Efluente líquido	Água, ar e solo	Não estimado
05/05/2011	Diadema	Incêndio	GLP – Gases de Petróleo Liquefeitos	Ar	Não estimado
22/06/2015	Olímpia	Tombamento	GLP – Gases de Petróleo Liquefeitos	Não houve	Não houve
20/06/2016	Guarulhos	Incêndio	Cloreto de Vinila	Ar	Não estimado
28/11/2016	Diadema	-	GLP – Gases de Petróleo Liquefeitos e outros	Água e ar	Não estimado
09/11/2017	Santos	Falha Operacional	GLP – Gases de Petróleo Liquefeitos	Ar	Não estimado
20/07/2019	Cotia	Incêndio	GLP – Gases de Petróleo Liquefeitos, ácido fórmico, peróxido de hidrogênio e outros.	Água e ar	Não houve

Fonte: (CETESB)

O relatório de emergências atendidas pela CETESB envolvendo gases inflamáveis mostrou que apenas nas ocorrências do dia 28 de novembro de 2016 e do dia 09 de novembro de 2017 houveram vítimas ou pessoas

evacuadas do local do incidente. Porém, na maioria dos casos houveram vazamentos das substâncias inflamáveis e o meio ambiente foi atingido. Como nas ocorrências mostradas na Tabela 2 de 1987 a 1997 atendidas pela CETESB não foram registrados suas causas e os meios atingidos, a **Figura 4** mostra um gráfico com as porcentagens de cada meio atingido nas ocorrências envolvendo gases inflamáveis, de 1999 a 2019.



**Figura 4** - razão de cada meio atingido nas ocorrências envolvendo gases inflamáveis.

Os dados fornecidos pela Companhia mostraram que os eventos envolvendo gases inflamáveis atingiram o meio ambiente, em relação a água, solo e ar. Este último, como ilustra o gráfico da **Figura 4**, tem a maior porcentagem de ocorrências apontando que houveram impactos, ou seja, é o meio comumente mais afetado em acidentes envolvendo gases inflamáveis, seguido pelo solo e, por último, a água.

**Tabela 3** - Ocorrências atendidas pela CETESB envolvendo líquidos inflamáveis na atividade industrial a partir de 2011.

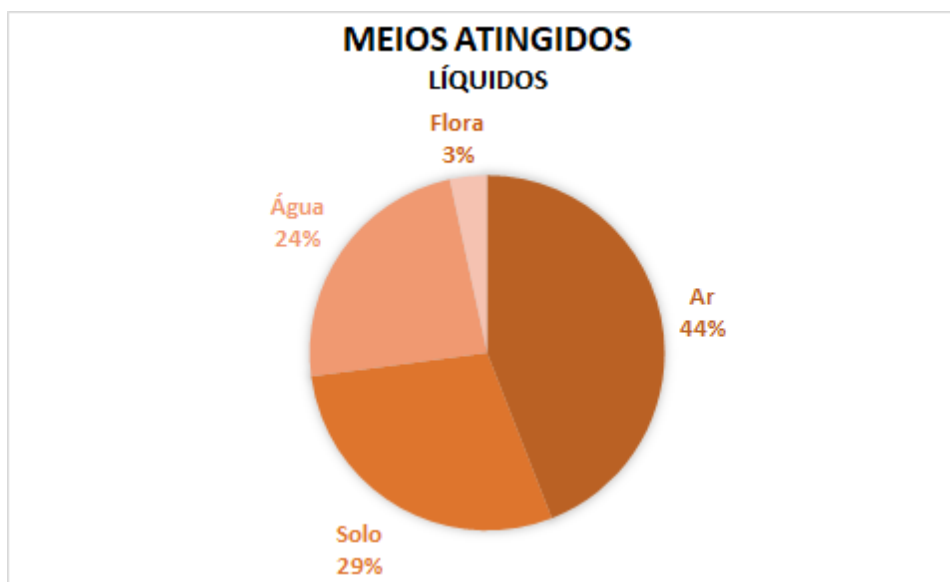
Data	Município	Causa	Produto	Meio atingido	Vazamento
12/01/2011	São Paulo	Incêndio	Tintas, Lacas, Vernizes, Polidores e outros	Água e Ar	Não estimado
16/09/2011	São Paulo	Incêndio	Isobutanol, Hidróxido de Sódio, Soda Caustica (solução) e Parafina	Água e Ar	Não estimado
03/11/2011	Araçariguama	Incêndio	Gasolina, Óleo Diesel, produtos químicos diversos e emulsão asfáltica	Ar e Solo	Não houve/Não estimado/Não o houve/400L
10/11/2011	Itupeva	Incêndio	Metiletilcetona, Peroxido Metil, Etil e Cetona	Ar	Não estimado
27/11/2011	Cosmópolis	Outra	Álcool Etílico	Água e Solo	100 m <sup>3</sup>
02/01/2012	Guarulhos	Outra	Solvente	Ar e Solo	Não estimado
05/06/2012	São Paulo	Incêndio	Resina de Poliéster	Ar	Não estimado
16/10/2012	Indaiatuba	Incêndio	Solvente	Água, Ar, Flora e Solo	Não estimado
07/05/2013	Matão	-	Acrilato de Butila, Resina Acrílica destilada	Água, Ar e Solo	Não estimado

<b>Data</b>	<b>Município</b>	<b>Causa</b>	<b>Produto</b>	<b>Meio atingido</b>	<b>Vazamento</b>
24/07/2013	Lençóis Paulista	Tubulação	Álcool Anidro	Água	80 m³
18/08/2013	Sorocaba	Incêndio	Thinner, Tintas, Borra de Tinta e Solvente	Solo	Não estimado/ 2600L/ Não estimado
11/12/2014	Itapevi	Incêndio	Resíduo Líquido inflamável	Ar	Não estimado
12/02/2015	Itatiba	Incêndio	Substâncias Químicas variadas	Água, Ar e Solo	Não estimado
21/04/2015	São Paulo	Incêndio	Etanol	Ar e Solo	Não estimado
26/01/2016	São Bernardo do Campo	Incêndio	Resina Poliéster	Água, Ar e Solo	Não estimado
09/03/2016	Boituva	Explosão	Solvente e outros produtos não classificados	Água, Ar e Solo	5m³/10m³
30/04/2016	São Paulo	Queda de Embalagem	Tintas	Água, Ar e Solo	200 L
16/09/2016	Paraíso	Incêndio	Etanol	Ar e Solo	2.600.000 L
24/10/2016	Paraguaçu Paulista	Incêndio	Hexanos	Ar	Não Estimado
21/12/2016	Boituva	Outra	Petróleo e Óleo Combustível	Não houve	Não houve
10/02/2017	Guarulhos	Incêndio	Acetato de Etila e Álcool Etilico	Água e Ar	Não Estimado
23/02/2017	Diadema	Falha Mecânica	Tolueno	Água, Ar e Solo	Não Estimado
18/04/2017	Uchoa	Incêndio	Tintas, Lacas, Vernizes, Polidores e outros	Ar e Solo	Não Estimado
29/06/2017	Guarulhos	Incêndio	Solvente	Água, Ar e Solo	Não Estimado
29/11/2017	Restinga	Explosão	Resina Solução Inflamável e Solvente	Solo	Não Estimado
24/02/2018	Cubatão	Falha Mecânica	Gasóleo e Resíduo Sólido	Ar	Não Estimado/Não houve
10/05/2018	Osasco	Incêndio	Substâncias químicas variadas	Ar	Não Estimado
11/01/2019	Ribeirão Preto	Falha Operacional	Trietilamina	Ar	5 L
12/07/2019	Mairiporã	Incêndio	Tintas, Lacas, Vernizes, Polidores, entre outros.	Ar	Não Estimado
27/09/2019	São José dos Campos	Incêndio	Gasóleo	Água, Ar, Flora e Solo	Não Estimado
09/10/2019	Piquete	Incêndio	Tintas	Ar	Não Estimado

Fonte: (CETESB)



Além dos dados expostos na Tabela 3, o relatório da CETESB mostrou que dentre as 127 ocorrências atendidas envolvendo líquidos inflamáveis, houveram 9 com vítimas ou pessoas evacuadas do local, totalizando 120 pessoas afetadas de forma direta. Observando a Tabela 3, das 31 ocorrências analisadas, apenas uma não teve vazamento e também não atingiu algum meio. Porém, além da água, solo e ar atingidos no caso dos acidentes envolvendo os gases inflamáveis, no caso dos líquidos, algumas ocorrências detectaram impactos na flora. A Figura 5 mostra a porcentagem dos acidentes atendidos que atingiram cada meio.



**Figura 5** - razão de cada meio atingido nas ocorrências envolvendo líquidos inflamáveis.

Pelo gráfico ilustrado na **Figura 5**, podemos verificar que o meio mais atingido de forma isolada, de acordo com as ocorrências, é o ar. Porém, pode-se notar que a água e o solo, em conjunto, são os que mais pareceram nos atendimentos dos acidentes envolvendo líquidos inflamáveis.

Contudo, como pode ser observado pelos dados das duas tabelas, a causa mais frequente dos acidentes registrados foi o incêndio, algumas “explosões” foram classificadas como “causa”, possivelmente estes dois eventos tenham sido classificados como “causa” por serem a razão pela qual foi necessário atendimento ou que ocasionou algum tipo de vazamento. Além disso, a grande maioria afetou o meio ambiente, vale ressaltar que a coleta de dados para essa pesquisa foi realizada até o mês de outubro de 2019, portanto, não abrange todas as ocorrências deste ano. Outro fator importante a ser enfatizado é em relação aos vazamentos, as duas tabelas mostram que a maior parte dos acidentes não constam a quantidade, ou seja, não foi estimado, o que pode ser prejudicial para analisar de fato os impactos causados por esses vazamentos.

#### 4. CONCLUSÕES

Observando o cenário mostrado até aqui pode-se inferir que de fato é de extrema importância a avaliação dos riscos envolvendo substâncias inflamáveis. Os dados contidos nas tabelas deste trabalho mostram que comumente esses acidentes tem como consequências, pessoas feridas ou evacuadas dos locais, efeitos graves na água, ar, solo e flora, o que pode comprometer a qualidade do ambiente e a saúde da população. Além disso, demonstram que muitos acidentes envolvendo gases inflamáveis tiveram como produto o GLP (Gases de Petróleo Liquefeitos) e que em alguns desses casos afetaram o ar e o solo. Foi possível observar que na grande maioria dos casos houveram incêndios e o meio ambiente foi afetado.

Para uma prevenção de acidentes de fábrica eficaz, faz-se necessário investigar sua causa raiz, ou seja, realizar análises de riscos, as quais tem como resultado, além da causa, os riscos contidos nas operações, o que deve ser evitado, as medidas de segurança e outras informações pertinentes para mitigar os acidentes.

#### 5. AGRADECIMENTOS

O último autor agradece o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) através da concessão 304533 / 2016-5.

## 6. REFERÊNCIAS

- [1] J. P. M. S. Jorge, “Avaliação das potencialidades do programa de simulação EFFECTS 9 para quantificação dos efeitos de explosão em cenários industriais,” Coimbra, 2015.
- [2] S. Greif, “Fauna atingida por acidentes ambientais envolvendo produtos químicos,” São Paulo, 2017.
- [3] A. L. d. O. Monteiro e L. V. Medani, “Estudo de segurança de processo industrial na produção de amônia por gás de síntese,” Niterói, 2015.
- [4] J. Dwyer, J. G. Hansel e T. Philips, “Air Products and Chemicals, Inc. - Manufacturer of industrial gases,” 2003. [Online]. Available: <http://www.airproducts.com/~media/downloads/white-papers/T/en-temperature-influence-flammability-limits-whitepaper-330-11-001.pdf?la=en>. [Acesso em 25 Maio 2017].
- [5] D. A. Crowl e J. F. Louvar, *Segurança de Processos Químicos: Fundamentos e Aplicações*, 3 ed., Rio de Janeiro: LTC, 2015.
- [6] L. Centemerì, “Seveso: o desastre e a Directiva,” Porto, 2010.
- [7] J.-P. Dupuy, “A catástrofe de Chernobyl vinte anos depois,” São Paulo, 2007.
- [8] F. Barthelemy, H. Hornus, J. Hufschmitt, J. Raffoux e J. Roussot, “Accident on the 21st of September 2001 at a factory belonging to the Grand Paroisse Company in Toulouse - Report of the General Inspectorate for the Environment,” Toulouse, 2001.
- [9] CONASQ, CONASQ - Comissão Nacional de Segurança Química., 2003. [Online]. Available: [http://www.mma.gov.br/estruturas/smcq\\_seguranca/\\_publicacao/143\\_publicacao30092009113153.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/smcq_seguranca/_publicacao/143_publicacao30092009113153.pdf). [Acesso em 15 Maio 2018].
- [10] S. F. Tsai, A. C. Huang e C. M. Shu, “Integrated self-assessment module for fire rescue safety in a chemical plant – A case study,” *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, pp. 137-149, December 2017.
- [11] CETESB, “CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo,” [Online]. Available: <https://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/emergencia/relatorio.php>. [Acesso em 17 Maio 2018].