

Relatório - Projeto BRA/16/G71

Trabalho de Consultoria

Preparação de minuta de Norma Técnica para o uso seguro de agentes de expansão inflamáveis na cadeia produtiva do setor de espumas de poliuretano

**Etapa 1 e Etapa 2
Relatório Final**

Paulo Altoé – nov, 2019

Índice

1. Resumo.....	3
2. Introdução.....	4
3. Características dos Agentes de Expansão Inflamáveis – AEIs.....	5
4. Ponto de Fulgor.....	8
5. GHS-Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação de Produtos Químicos....	9
6. Transporte de Materiais Inflamáveis – ANTT.....	12
7. Armazenamento e Manuseio de Produtos Inflamáveis.....	15
8. Discussões – Etapa 1.....	18
8.A. Consolidação de normas	
8.A1. Transporte	
8.A2. Armazenamento	
8.B. Proteção Contra Incêndio	
8.C. Quesitos para Análise de Risco	
8.D. Visitas - Empresas do Setor Espumas que Armazenam e Processam os AEIs	
8.E. Esboço de Procedimento de Operações e Segurança	
8.E.1 Preparação de Poliols Completamente Formulados com AEIs - SMEs	
8.E.2. Processamento de Espuma – Máquina de Injeção PU	
9. Considerações Finais – Etapa 1.....	29
10. Considerações Iniciais – Etapa 2.....	31
11. Guia e Instruções: Uso de Agentes de Expansão Inflamáveis.....	32
12. Padrão de Operação manuseio armazenamento e processamento com AEIs.....	44
13.1. Minuta -Proposta de Método para CB 10/ABIQUIM.....	50
13.7.5. Descrição do Método de Medição de AEIs no Ambiente.....	56
14. Considerações Finais – Etapa 2.....	58
15. Conclusão	59
16. Referências.....	60
17. Apêndices.....	61

1. Resumo

A implementação de alternativas para eliminação do HCFC-141b no setor de espumas de poliuretanos no Brasil, tem sido liderada pelo Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFCs (PBH) do Ministério do Meio Ambiente, em cooperação com o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD). Projetos com o uso de Formiato de Metila e Metilal para a eliminação do HCFC-141b, têm sido uma grande preocupação, pois estes materiais são classificados como Agentes de Expansão Inflamáveis – AEIs, com potencial risco de causar incêndios, se não forem usados adequadamente. Este trabalho procura correlacionar as necessidades do MMA e PNUD na eliminação do HCFC-141b com uso de AEIs, buscando entender de maneira ampla todas as implicações como armazenagem, transporte, manuseio e processabilidade, incluindo equipamentos, máquinas, e instalações para evitar os riscos, principalmente nas pequenas e médias empresas SMEs (Small and Medium Enterprises) do setor de poliuretanos. As informações apresentadas neste trabalho, procuram dar uma visão ampla de normas, regras e padrões nacionais, e inclusive as correlatadas dessas normas no âmbito internacional, que deveriam ser consideradas para uso dos AEIs ao longo de toda a cadeia produtiva de espumas de poliuretanos. A consolidação na interpretação de normas, aplicação dos conceitos de classificação de materiais (GHS), padrões normativos, e uso de boas práticas já aplicadas na indústria, incluído análise de riscos, foram consideradas para elaboração de um esboço de procedimento de operações. Este esboço será avaliado, e discutido em conjunto com adaptações ou melhorias pelo MMA e PNUD, e será futuramente apresentado como base de projeto para criação de norma pela ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. A nova norma será fundamental na orientação e aplicação de padrões seguros para o uso de AEIs nas SMEs, contribuindo substancialmente para evitar riscos e garantir segurança e proteção às pessoas e ao meio ambiente.

2. Introdução

A escolha de agentes de expansão para substituir HCFC-141b em espumas de poliuretano, tem sido um grande desafio devido ao elevado número de fatores que devem ser considerados para esta seleção. Dentre esses fatores, a *proteção ao meio ambiente* representa uma parcela muito importante, além disso, outros aspectos como a necessidade de se atingir o desempenho técnico das espumas e a viabilidade econômica para se implementar o substituto, consolidam os itens para uma seleção apropriada.

Aspectos envolvendo o tipo de espuma (flexível, rígidos e outros) a ser produzida e especialmente a aplicação a que se destina são muito importantes. Os critérios desta seleção, precisam ser detalhadamente estudados, pois *necessidades de investimentos* e volume de espuma a ser processada podem fazer a diferença na escolha. Isto se aplica, por exemplo, ao uso de Hidrocarbonetos (zero PDO e baixo GWP), em especial o Ciclopentano, que tem sido uma tecnologia comprovada por décadas e largamente implementada em todos os continentes. Entretanto, por ser inflamável, requer considerável investimento para sua implementação. Esta tecnologia é totalmente consolidada para empresas que convertem especialmente grande volume de espuma. O preço competitivo do Ciclopentano, alto volume processado, associado ao elevado desempenho da espuma, resultam em alternativa favorável tanto técnica quanto econômica dessa tecnologia. Para o caso das pequenas e médias empresas (SMEs) que processam baixo volume de espumas, o emprego de Ciclopentano se torna limitado, pois o retorno do investimento é consideravelmente lento e inclusive a ausência de disciplina operacional adequada, por parte dessas empresas, para operar uma tecnologia mais complexa acaba inviabilizando sua implementação. Outra limitação no uso de Ciclopentano ocorre na área de spray em função da inflamabilidade e riscos durante a processabilidade.

Outros agentes de expansão para substituir o HCFC-141b, todos com zero PDO e baixo GWP, têm sido avaliados por vários anos e se mostrado viáveis do ponto de vista técnico e especialmente econômico na maioria das aplicações de poliuretanos: Formiato de Metila (Ecomate®) e Metilal. Mais recentemente surgiram os agentes de expansão da quarta geração: Hidrofluorolefinas (HFOs). Os preços dos HFOs ainda estão elevados, mas lentamente vão se tornando mais competitivos. Em função do excelente desempenho desses materiais, opções de sistemas PU mais competitivos têm surgido no mercado. Estudos de formulações com uso de HFOs combinados com água têm se mostrado uma opção viável para a eliminação de HCFC-141b em muitas aplicações, com possibilidades de uso inclusive nas SMEs.

O Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFCs (PBH) liderado pelo Ministério do Meio Ambiente, em cooperação com o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), conduzem atualmente a Etapa II para eliminação do HCFC-141b considerando

os projetos principalmente no segmento de espumas rígidas com ênfase nas pequenas e médias empresas (SMEs), com implementação de Formiato de Metila e Metilal.

A inflamabilidade do Formiato de Metila e Metilal, traz uma grande preocupação, e fica o alerta sobre a necessidade da adoção dos padrões de segurança na aplicação dos AIEs em toda a cadeia produtiva do setor de espumas de poliuretano.

Na sequência, este trabalho apresenta considerações e possíveis implicações nas etapas da cadeia que envolvem o uso AIEs na preparação de espumas. Dentre elas, o manuseio, armazenamento, transporte e processabilidade. Incluem-se avaliações de regulações, instruções, normas e padrões nacionais e internacionais, e análise de riscos.

O conjunto dessas informações são aplicadas de forma consolidada para criação de um esboço de norma padrão, que proverá todas as instruções, e será ferramenta poderosa para a eliminação dos riscos no uso desses AIEs.

3. Características dos Agentes de Expansão Inflamáveis – AIEs

Os Agentes de Expansão Inflamáveis (AIEs) como substitutos do HCFC-141b estão descritos na Tabela 1. Pode-se observar que a característica de inflamabilidade em comparação ao HCFC-141b é visível pelos dados de Ponto de Fulgor. Os dados apresentados com determinação em vaso fechado e aberto, mostram o grau de inflamabilidade e possíveis riscos destes AIEs.

Tabela 3.1– Agentes de expansão inflamáveis comparados ao HCFC-141b

	HCFC-141b	Formiato de Metila	Metilal	Ciclopentano
Fórmula Química	CH ₃ CCl ₂ F	C ₂ H ₄ O ₂	CH ₂ (OCH ₃) ₂	C ₅ H ₁₀
Peso Molecular	116,9	60,04	76,09	70,13
Ponto de Ebulição (°C)	32,9	33	42	50
Pressão de Vapor (kPa)	79	63,4	58,6	53,3
Limites de Explosividade (vol%)*	7,6 - 17,7	4,5-23	1,6-17,6	1,5-8,7
Densidade do Vapor (Ar=1)	4	2,07	2,63	2,42
Ponto de Fulgor (°C) (vaso fechado)	ND	-32,3	-30,5	-42
Ponto de Fulgor (°C) (vaso aberto)	ND	-19	-18	-37
Temperatura de Autoignição (°C)	550	449	237	361
TLV ou OEL (ppm)	500	100	1000	600
PDO (CFC-11 = 1)	0,11	0	0	0
GWP (100 anos)	630	-	-	11
Classificação NFPA (Saúde, Inflamabilidade)	2-1	2-4	1-3	1-3
Número ONU	9274	1243	1234	1146

Fonte: TEAP¹ Report 2006; *ASTM E-681-79; TDS e SDS fornecedores e distribuidores

Segue abaixo a classificação com base na NFPA 704 e apresentação visual da característica dos materiais, conhecida como diamante de Hommel ou “Diamante do Fogo”. Este padrão é mantido pela Associação Nacional de Proteção contra Incêndios (NFPA) com sede nos Estados Unidos da América-EUA. Pode-se dizer que a identificação visual de materiais com o Diamante do Fogo é mundialmente usada, inclusive no Brasil, especialmente para áreas de armazenagem em grandes volumes e por brigadas contra incêndio. A seguir tem-se o visual conforme padrão NFPA 704 de classificação e comunicação visual para os AEIs deste trabalho, que são usados na armazenagem e transporte de materiais.

3.1. Dados NFPA 704 dos AEIs

3.1.1. Formiato de Metila



DOT

CAS Number
107-31-3 

UN/NA Number
[1243](#)

DOT Hazard Label
Flammable Liquid

USCG CHRIS Code
 [MFM](#)

NIOSH Pocket Guide
[Methyl formate](#) 

International Chem Safety Card
[METHYL FORMATE](#) 

NFPA 704

Diamond	Hazard	Value	Description
	 Health	2	Can cause temporary incapacitation or residual injury.
	 Flammability	4	Burns readily. Rapidly or completely vaporizes at atmospheric pressure and normal ambient temperature.
	 Instability	0	Normally stable, even under fire conditions.
	 Special		

(NFPA, 2010)

3.1.2. Metilal



DOT

CAS Number
109-87-5

UN/NA Number
[1234](#)

DOT Hazard Label
Flammable Liquid

NIOSH Pocket Guide
[Methylal](#)

International Chem Safety Card
[METHYLAL](#)

NFPA 704

Diamond	Hazard	Value	Description
	Health	1	Can cause significant irritation.
	Flammability	3	Can be ignited under almost all ambient temperature conditions.
	Instability	1	Normally stable but can become unstable at elevated temperatures and pressures.
	Special		

(NFPA, 2010)

3.1.3. Ciclopentano



DOT

CAS Number
287-92-3

UN/NA Number
[1146](#)

DOT Hazard Label
Flammable Liquid

NIOSH Pocket Guide
[Cyclopentane](#)

International Chem Safety Card
[CYCLOPENTANE](#)

NFPA 704

Diamond	Hazard	Value	Description
	Health	1	Can cause significant irritation.
	Flammability	3	Can be ignited under almost all ambient temperature conditions.
	Instability	0	Normally stable, even under fire conditions.
	Special		

(NFPA, 2010)

O Ciclopentano é um material aplicado majoritariamente como agente de expansão na tecnologia de poliuretano, diferentemente dos demais AElS (Hidrocarbonetos Oxigenados) deste trabalho que também são usados em outras aplicações: i-Formiato de Metila é também usado como intermediário na síntese de derivados de ácido fórmico e como fumigante na agricultura; ii-Metilal tem aplicações mais diversificadas, tendo uso considerável como solvente e em outros segmentos industriais como cosméticos, tintas, resinas, adesivos e até como aditivo de gasolina.

O Ciclopentano é normalmente fornecido em grandes volumes em tanque granel, e os Hidrocarbonetos Oxigenados não atingem, no Brasil, tais volumes portanto são fornecidos apenas em tambores. Por esta razão, este trabalho considera apenas tambores como embalagens para o Formiato de Metila e Metilal, que do ponto de vista de segurança, tanto na armazenagem como no transporte, são favoráveis.

4. Ponto de Fulgor

A descrição para o *Ponto de Fulgor*, ou *Ponto de Inflamação*, é a menor temperatura na qual um combustível libera vapor em quantidade suficiente para formar uma mistura inflamável por uma fonte externa de calor. O ponto de fulgor, ou ponto de inflamação, não é suficiente para que a combustão seja mantida.

Por mistura inflamável para a obtenção do ponto de fulgor, entende-se a quantidade de gás ou vapor misturada com o ar atmosférico suficiente para iniciar uma chama em contato com uma fonte de calor (isto é, a queima abrupta do gás ou vapor), sem que haja a combustão do material em teste. Outro detalhe verificado é que, ao se retirar a fonte de calor, extingue-se a queima da mistura.

Trata-se de um dado importante para a classificação dos produtos inflamáveis ou combustíveis, em especial no que se refere à segurança, aos riscos de transporte, armazenagem e manuseio. Por esta razão será repetidamente mencionado sempre que necessário.

4.1. Métodos Aplicáveis aos AEIs e Polióis Completamente Formulados

A classificação quanto à inflamabilidade de materiais considera critérios importantes para a determinação do ponto de fulgor. O emprego de métodos mais adequados está relacionado com a viscosidade, o ponto de ebulição e a região de temperatura em que ocorre a queima dos materiais sob avaliação. Sempre haverá um método mais apropriado, dependendo da característica do material, no entanto há técnicas com o uso de equipamento com vaso aberto ou fechado que são fundamentais para determinar o valor e a comparação entre os materiais. Normalmente, valores determinados em vaso fechado são mais críticos do que em vasos abertos, pois para o último, há dissipação de vapores com o ar atmosférico com conseqüente elevação da temperatura de queima resultando em valor mais elevado no seu ponto de fulgor. Observando-se os dados apresentados na Tabela 1, pode-se confirmar que os valores obtidos em vaso aberto, são mais elevados do que os em vaso fechado.

Abaixo estão descritos alguns métodos² que podem ser úteis para obtenção de informações necessárias para saber qual a temperatura de queima ou combustão dos AEIs ou polióis formulados contendo esses materiais. Instituições acreditadas devem ser

usadas para a determinação do ponto de fulgor dos materiais que estejam próximos do limite de faixas que podem gerar dúvidas quanto à sua classificação.

Ponto de fulgor vasos fechados Abel: ISO 13736, IP 170, ISO 1523, EN 924, ISO 1516, DIN 51755-1,

Ponto fulgor em vasos fechados Tag: ASTM D56, ASTM D56-16³, JIS K 2265-1, ISO 1523, EN 924, ISO 1516, NBR 7974/68⁴

Ponto de fulgor em vasos fechados Pensky-Martens: ASTM D93, ISO 2719, JIS K 2265-3, IP 34, NBR 14598/00, NBR5848/72

Ponto de fulgor em vaso aberto e do ponto de combustão Cleveland: ASTM D92, ISO 2592, JIS K 2265-4, IP 36, GOST 4333, NBR 11341/00

Ponto fulgor em vaso aberto Tag: NBR 5763

5. GHS -Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação de Produtos Químicos

A inclusão de informações do GHS⁵ neste trabalho, tem a intenção de apresentar os fundamentos que definem a classificação de produtos perigosos que inclui os AEl e polióis completamente formulados.

No âmbito da Organização das Nações Unidas-ONU, foi publicada em 2003 a primeira edição do GHS⁴-*Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals* (Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos) sob a premissa de que devem ser harmonizados os sistemas existentes, que regem a classificação de substâncias químicas, seus rótulos e fichas de dados de segurança.

A harmonização da comunicação de perigos teve início em 1989, época em que a Organização Internacional do Trabalho (OIT) elaborou e adotou a Convenção 170 e a Recomendação 177 sobre Segurança no Uso de Produtos Químicos no Trabalho. Por meio desses instrumentos, os países que as ratificaram, incluindo o Brasil⁷, obrigaram-se a adotar um sistema para classificação e rotulagem de produtos químicos.

7-Descrição – Implementação de Ações dos países no GHS

http://www.unece.org/trans/danger/publi/ghs/implementation_e.html

Em 1992, a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (UNCED - RIO 92) aprovou a harmonização dos sistemas de classificação de produtos químicos e criou comitês incumbidos de desenvolver o novo sistema de classificação e de rotulagem, trabalho concluído em 2002 e endossado pelo Conselho Econômico e Social da ONU em 2003, ocasião em que foi publicada a primeira versão do “Livro Púrpura”⁸. <https://www.osha.gov/dsg/hazcom/ghsguideoct05.pdf>

O GHS é uma recomendação das Nações Unidas, e incluí-lo em normativas nacionais é de caráter voluntário. Desse modo, sua adoção depende da conscientização e do comprometimento dos governos nacionais e do setor privado para que sejam feitas as mudanças legais necessárias em cada país.

O governo brasileiro instituiu, por meio do Decreto de 26 de junho de 2007, um grupo de trabalho Interministerial denominado GT-GHS-Brasil (MDIC, 2009) com o objetivo da implementação do GHS.

A abrangência dos critérios de harmonização para substâncias e misturas de produtos químicos é extensa e cobre aspectos dos perigos físicos, à saúde e ao meio ambiente e inclusive a harmonização da comunicação dos elementos de perigos para a rotulagem e elaboração das fichas de dados de segurança.

Trabalhos de harmonização envolvendo classificação e sinalização em relação a perigos físicos e toxicidade aguda aplicados à atividade de transporte de produtos perigosos já vinham sendo feitos no país com base no Comitê Econômico e Social de Perigos no Transporte de Produtos Perigosos das Nações Unidas- UNCSDTG.

5.2. Regulamentação

A regulamentação tanto do transporte rodoviário e ferroviário de produtos perigosos, no âmbito nacional e por vias públicas, é disciplinado, respectivamente, pelos Decretos 96044/88 e 98973/90 e complementados pelas instruções da Resolução ANTT 420/04 e suas alterações, sem prejuízo da legislação e disciplina peculiar a cada produto.

A Resolução ANTT 420/04 contém especificações e exigências detalhadas aplicáveis ao transporte terrestre de produtos perigosos. Tal regulamento foi elaborado com base na décima primeira e décima segunda edições das Recomendações para o Transporte de Produtos Perigosos das Nações Unidas, conhecido como “*Orange Book*” (*Dangerous Goods*)^{‡9}, e na edição de 2001 do Acordo Europeu para o Transporte de Produtos Perigosos - ADR ^{φ10}.

O documento, além de trazer uma lista de aproximadamente 3000 produtos perigosos, os mais comumente transportados, dispõe sobre as exigências relacionadas à classificação dos produtos; embalagens e tanques; marcação e rotulagem; identificação de unidades de transporte e de carga; documentação; prescrições especiais relativas às operações de transporte

‡9UN Orange Book – 21st Edition -Recommendations on the Transport of Dangerous Goods, also known as the UN Orange Book, is the basis for the development of the international regulations concerning the transport of dangerous goods as well as most national legislations. This publication covers all modes of transport: road, sea and air.

φ10 ADR – European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road: Restructured ADR Applicable as from January 1, 2019 (New Edition)

5.3. Critério de Classificação para o Transporte

A classificação de um produto como perigoso para o transporte terrestre deve ser feita pelo seu fabricante, que é o real conhecedor da substância, ou pelo expedidor orientado pelo fabricante, tomando como base as suas características físico-químicas. Procede-se, então, à alocação a uma das classes ou subclasses de risco descritas na Tabela 5.3.1 (Resolução ANTT 420/04) tomando-se como base a publicação da Organização das Nações Unidas: *Recommendations on the Transport of Dangerous Goods, Manual of Tests and Criteria (ST/SG/AC.10/11 Ver. 3)*

TABELA 5.3.1. Classificação de Produtos Perigosos

Classes	Característica
Classe 1	Explosivos
Classe 2	Gases
Classe 3	Líquidos Inflamáveis
Classe 4	Sólidos inflamáveis, substâncias sujeitas a combustão espontânea, substâncias que em contato com água emitem gases inflamáveis
Classe 5	Substâncias oxidantes e peróxidos orgânicos
Classe 6	Substâncias tóxicas e substâncias infectantes
Classe 7	Material radioativo
Classe 8	Substâncias corrosivas
Classe 9	Substâncias e artigos perigosos diversos

Fonte: Resolução ANTT 420/04

Não se pretende discutir aspectos de outros itens de classificação do GHS, mas apresentar descrições quanto à classificação de produtos inflamáveis que é alvo deste trabalho e entender como interagem com Normas Reguladoras (NR), ABNT e Instruções Técnicas (IT – Corpo de Bombeiros).

Para fins do escopo do GHS, os líquidos serão considerados como inflamáveis em função de seu ponto de fulgor. Neste sentido, o GHS classifica um produto como líquido inflamável em quatro categorias, a saber:

TABELA 5.3.2. Categorias de Classificação de Líquidos Inflamáveis segundo o GHS

Categoria	Critério
1	Ponto de fulgor <23°C e temperatura inicial de ebulição ≤ 35°C
2	Ponto de fulgor <23°C e temperatura inicial de ebulição > 35°C
3	Ponto de fulgor ≥ 23°C ≤ 60°C
4	Ponto de fulgor ≥ 60 °C ≤ 93°C

Fonte: GHS -2005

Para fins de transporte, líquidos inflamáveis são considerados perigosos somente se apresentam ponto de fulgor de até 60,5°C, em ensaio de vaso fechado, ou até 65,6°C, em ensaio de vaso aberto. Todavia, caso apresentem ponto de fulgor maior do que 35°C, mas não mantenham a combustão, **esses líquidos não precisam ser considerados inflamáveis para fins de transporte. (Resolução ANTT 420/04)**

Assim, levando-se em conta a ressalva realizada pela legislação de transporte, entende-se não haver incoerência no caso de certo líquido poder ser classificado como inflamável nos termos do GHS e não inflamável para transporte.

O engajamento do Brasil no processo de entendimento e aplicação de padrões do GHS recomendado pela ONU, ocorre desde seu princípio em várias áreas do governo federal. Um marco importante dos trabalhos realizados, é que em 2015⁷ foi estabelecida a obrigatoriedade de regras da norma ABNT 14725-2¹¹ como referência para a classificação de materiais, tendo o GHS como sua base. O resultado é a criação da FISPOQ com a norma ABNT NBR 14725-4¹² Produtos químicos — Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente Parte 4: Ficha de informações de segurança de produtos químicos (FISPOQ). Apenas para as características físicas são requeridos 17 itens, juntamente com características tais como cuidados gerais de manuseio, armazenagem, forma de combate a incêndio, risco ao meio ambiente, dentre outras, formam um conjunto de informações muito importantes para a cadeia de PU.

7 Descrição – Implementação de Ações dos países no GHS

http://www.unece.org/trans/danger/publi/ghs/implementation_e.html

Conclui-se que a implementação do GHS no Brasil, acompanha a tendência global que contribui tanto para manutenção do país no mercado internacional como para agregar confiabilidade ao usuário e consumidor quanto às informações prestadas pelo fabricante cumprindo legislação aplicável ao transporte.

6. Transporte de Materiais Inflamáveis - ANTT

A Lei 10233, de 5 de junho de 2001, ao promover uma reestruturação no setor federal de transporte, estabeleceu, em seu artigo 22, inciso VII, competência à ANTT para regulamentar o transporte de cargas e produtos perigosos em rodovias e ferrovias, estabelecendo padrões e normas técnicas complementares relativos a esse tipo de operação.

A regulamentação brasileira sobre o *transporte rodoviário de produtos perigosos* baseia-se nas recomendações emanadas pelo Comitê de Peritos em Transporte de Produtos Perigosos das Nações Unidas, publicadas no Regulamento Modelo conhecido como “*Orange Book*”⁹ atualizado periodicamente, bem como no Acordo Europeu para o Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos, conhecido como ADR¹⁰ (critério GHS)

O Regulamento para o Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos, Resolução ANTT 3665/11, atualizada pela Resolução ANTT 5848/19, que entrará em vigor em dezembro de 2019, complementado pelas Instruções aprovadas pela Resolução ANTT 5232/16 e suas alterações, sem prejuízo do disposto nas normas específicas de cada produto, e

estabelece entre outras, prescrições relativas às condições do transporte, documentação, deveres, obrigações e responsabilidades e ainda infrações aplicáveis.

Já a Resolução ANTT 5232/2016 420/04 estabelece exigências e detalhamentos relativos, entre outros, à correta classificação do produto; à adequação, certificação e identificação dos volumes e das embalagens e rotulagem; à sinalização das unidades e dos equipamentos de transporte; à documentação; às prescrições aplicáveis a veículos e equipamentos do transporte rodoviário, quantidade limitada e provisões especiais, quando aplicáveis. Normas da ABNT atualizadas estão descritas abaixo como complementação da descrição acima.

ABNT NBR 7503:2016 Emenda 1:2017 – Ficha de emergência e envelope para transporte

ABNT NBR 14619:2018 – Incompatibilidade química

ABNT NBR 15481:2017 – Requisitos mínimos de segurança

ABNT NBR 9735:2017 – Conjunto de equipamentos para emergência no transporte de produtos perigosos 9 (em revisão)

ABNT NBR 7500: 05/2018 – Identificação para o transporte – (Placas e sinalização)

ABNT NBR14064:07/2015 – Diretrizes do atendimento à emergência

A base de dados no site da ANTT contém outras informações e orientações sobre a Resolução: Audiência Pública 004/2016 - Atualização da Resolução ANTT 420/04; Audiência Pública 012/2017 - Alteração da Resolução ANTT 5232/16; Audiência Pública 015/2018 - Revisão da Resolução ANTT 3665/11; Legislação, Comunicados e materiais explicativos, e Cartilhas.

A Resolução ANTT 420/04 define que: ***i- líquidos inflamáveis** são líquidos, misturas de líquidos ou líquidos que contenham sólidos em solução ou suspensão (por exemplo, tintas, vernizes, lacas etc., excluídas as substâncias que tenham sido classificadas de forma diferente, em função de suas características perigosas) que **produzam vapor inflamável a temperaturas de até 60,5°C, em ensaio de vaso fechado, ou de até 65,6°C, em ensaio de vaso aberto, normalmente referidas como ponto de fulgor.***

Nota: Os resultados de ensaios em vaso fechado e de ensaios em vaso aberto de uma mesma substância podem apresentar valores diferentes, e até os resultados individuais de uma mesma substância em um mesmo tipo de ensaio costumam variar com frequência. Por isso, para se levar em conta tais discrepâncias, regulamentos que apresentem variações em relação aos valores acima, enquadram-se no escopo dessa definição.

Para os fins deste Regulamento, líquidos que se enquadrem na definição do item **i- com ponto de fulgor superior a 35°C e que não mantenham a combustão**, adota-se o seguinte critério: **ii- podem ser considerados líquidos não inflamáveis**. Para os fins deste Regulamento, considera-se que os líquidos não são capazes de manter a combustão, ou seja, não mantêm a combustão em condições de ensaio definidas se:

- a) tiverem sido aprovados em ensaio de combustibilidade adequado (ver Ensaio de Combustibilidade Sustentada, prescrito na Parte III, Subseção 32.5.2, do Manual de Ensaio e Critérios);
- b) seu ponto de ignição, de acordo com a Norma ISO 2592:2000, for superior a 100°C ; ou cumprir requisitos do Apêndice Y.
- c) forem soluções miscíveis em água, com teor de água superior a 90%, em massa.

Nota: Critérios diferentes na definição de inflamabilidade, podem criar dificuldades na interpretação em diferentes áreas como Regulamento da ANTT (420/04 seção 2.3.1.4) na NR20¹³ e ABNT NBR 17505¹⁴. Porém o critério estabelecido em cada norma precisa ser respeitado como tal.

Esta Resolução da ANTT, classifica o Grupo de Embalagem conforme descrito na Tabela 6.1, para os produtos que apresentam como risco apenas a inflamabilidade, que também usa como parâmetro o ponto de fulgor.

Tabela 6.1. Grupos de risco em função da inflamabilidade

Grupo de Embalagem	Ponto de Fulgor (Vaso Fechado)	Ponto de Ebulição Inicial
I	—	≤35°C
II	< 23°C	>35°C
III	≥23°C, ≤60,5°C	>35°C

Fonte: Resolução 420/04. (Embalagem em I é mais crítica, portanto, mais resistente que II e III)

A Resolução apresenta uma relação de referências sobre documentos que descrevem métodos de determinação do ponto de fulgor recomendados para materiais Classe 3, que podem ser úteis para AElS e especialmente para algum poliol completamente formulado com AEI:

França: Associação Francesa de Normalização, AFNOR, Tour Europe,92049 Paris, La Défense: Norma Francesa NF M 07-019; NF M 07-011 / NF T 30 - 050 / NF T 66 – 009; NF M 07-036;

Alemanha: Norma DIN 51755 (ponto de fulgor inferior a 65°C); DIN 51758 (ponto de fulgor de 65°C a 165°C); DIN 53213 (para vernizes, lacas e líquidos viscosos similares com ponto de fulgor inferior a 65°C);

Holanda: ASTM D93-90; ASTM D3278-89; ISO 1516; ISO 1523; ISO 3679; ISO 3680;

Federação Russa (Comitê de Estado do Conselho de Ministros de Normalização, 113813, GSP, Moscou, M-49 Leninsky Prospect, 9); GOST 12.1.044-84;

Reino Unido -Instituto Britânico de Normas, Linford Wood, Milton Keynes, MK14 6 LE)
Norma Britânica BS EN 22719; BS 2000 Parte 170;
Estados Unidos da América -Sociedade Americana de Ensaio de Materiais, 1916. Race Street, Philadelphia, Penna 19103:ASTM D 3828-93 Norma de métodos de ensaio de ponto de fulgor em aparelhos fechados pequenos; ASTM D 56-93 Norma de métodos de ensaio de ponto de fulgor em aparelho fechado; TAG: ASTM D 3278-96, Norma de método de ensaio de ponto de fulgor de líquidos com fulgor inicial em aparelhos de vaso fechado; ASTM D 0093-96, Norma de métodos de ensaio de ponto de fulgor em aparelho de vaso fechado Pensky-Martens;
Brasil -Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT;
NBR 7974/68 ⁴- Determinação de ponto de fulgor – Aparelho de TAG – fechado;
NBR 5763/75 - Determinação do ponto de fulgor- Aparelho de vaso aberto – TAG;
NBR 5842/78 - Determinação do ponto de fulgor- Vaso fechado Tintas, vernizes e resinas;
NBR 11113/88 - Determinação dos pontos de fulgor e combustão –Plastificantes líquidos;
NBR 11341/00 - Determinação do ponto de fulgor e combustão pelo aparelho vaso aberto Cleveland;
NBR 14598/00 - Determinação do ponto de fulgor pelo aparelho de vaso fechado Pensky-Martens - Produtos de petróleo.

A classificação adequada com informações da FISPQ e as instruções das normas ABNT listadas anteriormente resultarão em transporte sem riscos.

7. Armazenamento e Manuseio de Agentes de Expansão Inflamáveis -AEIs

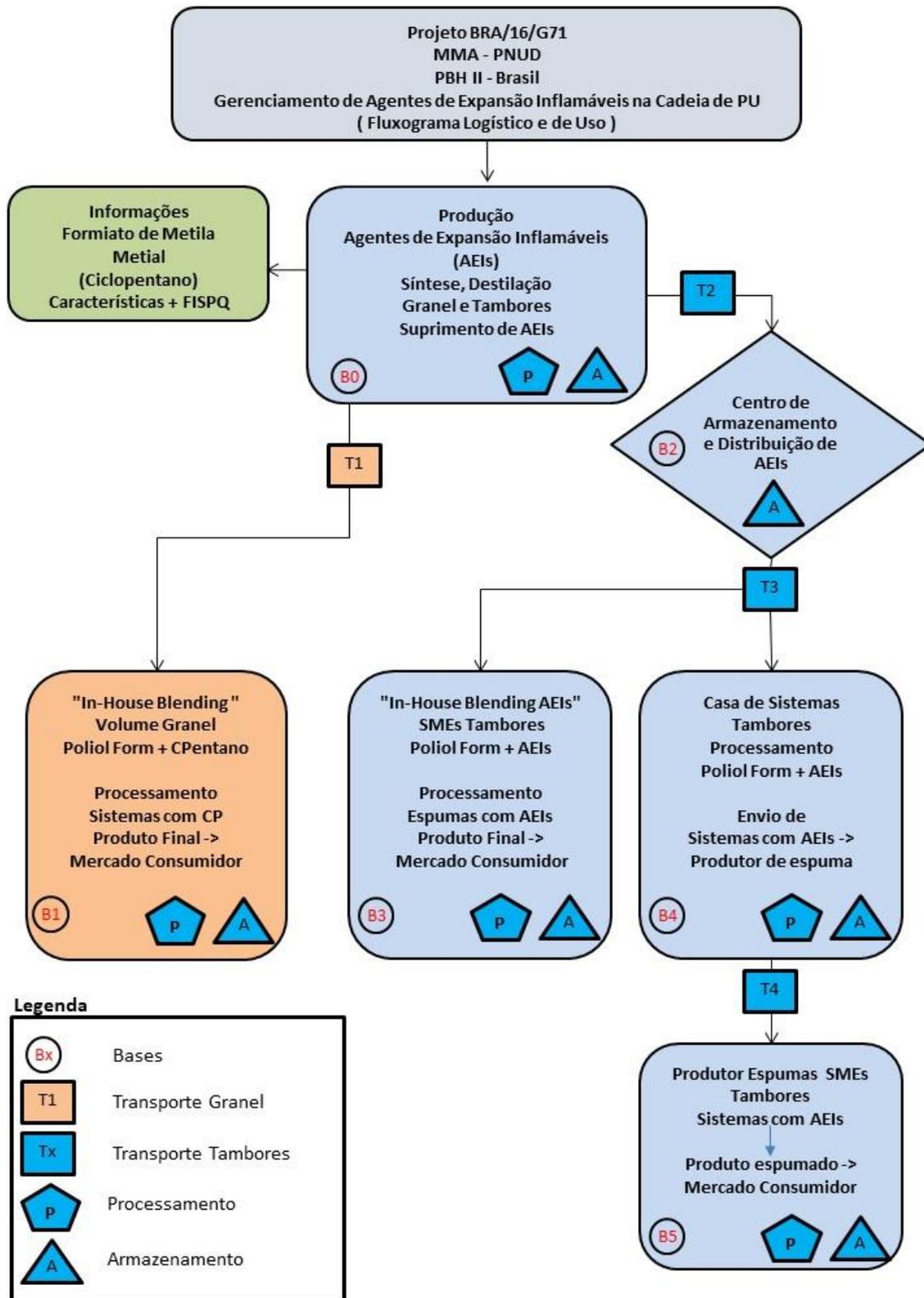
Para a discussão sobre armazenagem e manuseio, e inclusive o processamento de AEIs na produção de polióis totalmente formulados e espumas, a Figura 7.1 é apresentada para dar uma visão do fluxo logístico e de uso dos AEIs na cadeia de poliuretanos.

Considerando-se os AEIs do ponto no zero, Base B0 levado para a Base B1, a armazenagem será em grandes volumes e a granel. Todos os cuidados levados em conta como tanques e movimentação em tubulações. Este é um caso típico de *“in house blending”*, com tradução direta *“misturado em casa”*, o poliol completamente formulado é preparado por meio da adição do agente de expansão na própria empresa, imediatamente antes da produção da espuma. Este exemplo tem o uso de AEI como o Ciclopentano, que foi citado aqui para se comparar grande magnitudes de volumes, contrastando com a grande maioria das SMEs que usam apenas tambores na armazenagem.

Tomando-se a Base B3, que processa AElS no modelo *“in house blending”* para subsequente produção de espuma, e no caso da Base B4, Casa de Sistemas, que processa AElS para produção de polióis completamente formulados, ambos precisam armazenar AElS puros. O grau de risco é elevado, pois o ponto de fulgor do Formiato de Metila é $-32,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ e do Metilal $-30,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ e suas operações e manuseio serão normalmente muito acima destes valores.

Na Base B4, além dos AElS, os polióis completamente formulados serão armazenados em depósitos para materiais inflamáveis. A mesma condição se aplica para a Base B5, que não processa AElS puros, mas apenas polióis completamente formulados, em máquinas ou manualmente com um grau de risco menor, porém essas SMEs precisam estar adaptadas para processar materiais inflamáveis.

Figura 7.1. Agentes de Expansão Inflamáveis-AEIs na Cadeia da Poliuretanos



A norma brasileira que se aplica às SMEs é a ABNT NBR 17505 que está descrita em sete partes como descrito abaixo e com detalhes da *Parte 4: Armazenamento em recipientes e em tanques portáteis*

ABNT NBR 17505-1 – Disposições gerais

ABNT NBR 17505-2 – Armazenamento em tanques, e vasos e em recipientes portáteis em capacidade superior a 3.000 L.

ABNT NBR 17505-3 – Sistemas de tubulações.

ABNT NBR 17505-4 – Armazenamento em recipientes e em tanques portáteis.

ABNT NBR 17505-5 – Operações

ABNT NBR 17505-6 – Requisitos para instalações e equipamentos elétricos

ABNT NBR 17505-7 – Proteção contra incêndio

Os padrões de segurança para armazenagem estão estabelecidos na norma ABNT NBR 17505, incluindo locais e tipos de construção, dimensões, sistemas de grelhas para captação de derrames, diques de contenção, ventilação, e ambiente adequado, sendo externo ou interno, em temperatura apropriada, livres de fontes de ignição, aterramento e detalhes de instalação, e equipamentos elétricos. Adiciona-se a possibilidade de armazenagem em armários metálicos para poucos tambores seguindo padrões da norma e que pode simplificar o processo.

O Corpo de Bombeiros aplica as regras da ABNT 17505 com autorizações de projetos técnicos (PT) para que tudo seja executado buscando eliminar qualquer risco de incêndio com base na Instrução Técnica IT-25/2019 – Líquidos Combustíveis e Inflamáveis aplicados à dimensão de cada empresa e carga de incêndio estabelecido na mesma norma. Projetos Técnicos Simplificados (PTS) norma IT-42 ou IT-43 para alguns casos de adaptações, são usados para empresas de área construída menor que 750m² que utilizam quantidades fracionadas que é o caso das SMEs com armazenagem em tambores ou recipientes menores.

Os gabinetes metálicos apropriados aos AElS e polióis completamente formulados inflamáveis, são recomendados para o armazenamento em pequenas quantidades típico das SMEs. A norma ABNT NBR 17505-4:2013 descreve regras para este caso.

8. Discussões - Etapa I

Para os itens requeridos na Etapa I, seguem-se as discussões que em seu conjunto consolidam a entrega do Produto:

8.A.1. Transporte – Agentes de Expansão Inflamáveis e Polióis Formulados

Deve ser considerado o transporte com inclusão da rotulagem, sinalização, tipo de embalagens e procedimentos quanto a emergências que se aplicam às normas abaixo: ABNT NBR 7503:2016 Emenda 1:2017 - Ficha de emergência e envelope para transporte;

ABNT NBR 14619:2018 – Incompatibilidade química;
ABNT NBR 15481:2017 – Requisitos mínimos de segurança;
ABNT NBR 9735:2017 – Conjunto de equipamentos para emergência no transporte de produtos perigosos 9 (em revisão);
ABNT NBR 7500: 05/2018 – Identificação para o transporte – (Placas e sinalização);
ABNT NBR14064:07/2015 – Diretrizes do atendimento à emergência e transporte.

Deve-se considerar a equivalência de normas estrangeiras que estão descritas na base de dados de referências das normas da ABNT. Outro aspecto extremamente importante é a integração do Brasil aos padrões **GHS que é “Padrão Internacional”** o qual uniformiza a classificação, comunicação e regras de perigos e riscos envolvendo produtos inflamáveis e perigosos. A classificação propriamente dita está baseada na ABNT NBR 14725-2⁹ que estabelece critérios para o sistema de classificação de perigos de produtos químicos, sejam eles substâncias ou misturas, de modo a fornecer ao usuário informações relativas à segurança, à saúde humana e ao meio ambiente, que inclui a FISPQ. Esta deve ser adequadamente preenchida com todas as informações requeridas.

Importante: O Brasil tem um padrão de transporte excelente com critérios das melhores práticas usadas internacionalmente. Existe um programa da ABIQUIM: Pró-Química*, com telefone 24h para orientação e encaminhamento de acidentes com produtos perigosos, incluindo o risco da inflamabilidade.

*<http://www.proquimica.ind.br/produtos-e-servicos/central-de-atendimento-0800>

<http://www.proquimica.ind.br/primeironolocal>

<https://www.youtube.com/watch?v=OriTItFBcc8&feature=youtu.be>

8.A.2. Armazenamento -Agentes de Expansão Inflamáveis (AEIs) e Polióis Formulados
-*Armazenamento* - Líquidos inflamáveis (AEIs e Polióis formulados com AEIs) com ponto de fulgor abaixo de 60,5°C determinados em copo fechado devem obedecer às normas citadas abaixo ou equivalentes para esta finalidade. Há discrepâncias quanto à definição de inflamabilidade entre normas, mas como já comentado anteriormente, o critério de cada norma que estabelece seu padrão de temperatura deve ser respeitado como tal.

-*Ponto de Fulgor Copo Fechado*: **ABNT NBR 7974/68**,⁴ ASTM D56, **ASTM D56-16**³, JIS K 2265-1, ISO 1523, EN 924, ISO 1516,), classificado conforme ABNT NBR 14725-2;

-*Classificação de materiais inflamáveis*: ASTM NBR-14725- 2 – Base GHS.

Para as SMES, pode-se considerar volumes em recipientes com capacidade individuais que não excedam a 450L e em tanques individuais que não ultrapassem 3000 L. Os IBCs (Intermediate Bulk Container) estão incluídos nesta escala.

A norma aplicada na armazenagem é ABNT NBR 17505 com descrições de todos os subitens importantes com comentários já feitos no item 7 deste relatório, considerando especialmente a **Parte 4: Armazenamento em recipientes e em tanques portáteis**. Além da norma ABNT 17505-4¹³, a Norma Reguladora NR20¹⁴, amplamente usada no Brasil, para o segmento de combustíveis, pode ser usada para consulta, porém com

enfoque em volumes substancialmente maiores aos das SMEs. Normas internacionais como HSG51¹⁵ e HSG140¹⁶ do Reino Unido e NFP30¹⁷ dos Estados Unidos da América são válidas e interessantes como fonte de informação na área de armazenamento de produtos inflamáveis. Para complementar a questão do armazenamento, o Corpo de Bombeiros possui orientações e regras para concessão de licença de operação ou do AVCB-Auto de Vistoria do Corpo de Bombeiros, e inclusive é a autoridade local para seu deferimento adotando os critérios da Instrução Técnica 25/2019¹⁸-Líquidos Combustíveis e Inflamáveis, mediante a apresentação de Projeto Técnico (PT) das empresas. As referências internacionais que embasam a Instrução Técnica IT-25/2019 somam 25 normas da NFPA-EUA.

8.B. Proteção contra incêndio

As regras e precauções para prevenção e combate a incêndios tem sido uma prática na indústria química e especialmente para os casos do uso de produtos inflamáveis. Não há instruções para a aplicação em espumas, especificamente, porém é importante considerar a classe de risco do material que está sendo processado independentemente do tipo de aplicação, neste caso o polioli formulado inflamável ou AEI. E se a temperatura de processo está abaixo ou acima do ponto de fulgor do material em questão. Isso vale na armazenagem deste material inflamável e como ele será transferido para a operação. Se em tubulações (sistema fechado) ou se em sistemas abertos, como por exemplo a transferência de um recipiente (tambor) para um tanque de mistura ou máquina injetora de PU.

As bases de informações de construção e cuidados para armazenamento, manipulação com prevenção e combate a incêndios já estão descritas nas normas a seguir:

- ABNT NR 17505;
- Armazenamento em recipientes, em tanques portáteis que não excedam 2.500 L;
- Operações;
- Requisitos para instalações e equipamentos elétricos;
- Proteção contra incêndio; IT 25/2019 Líquidos combustíveis e inflamáveis.

Estão apresentados abaixo, itens importantes para considerações e análise, que combinados com implementação de medidas, procedimentos e equipamentos adequados, contribuirão para a prevenção de riscos de incêndio e resultarão em operações seguras dos produtos inflamáveis aplicados na cadeia produtiva de espumas de poliuretano

8.B.1. Trabalhar com o mínimo possível de materiais inflamáveis e sob atmosfera inerte: Poliols completamente formulado com menor conteúdo de material inflamável e consequentemente com maior ponto de fulgor trarão menor risco. Transferência de material para tanques de mistura e máquina em sistema fechado vai gerar menor concentração de vapor inflamável no ambiente. Isto é possível mesmo com transferência manual. O uso de gás inerte (N₂) no sistema de pressurização e transferência confere maior segurança e menor risco na preparação de espuma. Detecção de gases e alarme nos pontos estratégicos é fundamental

8.B.2. Prover ventilação para reduzir acúmulo de gases no ambiente: Vazão do ar circulante deve ser alto para que os detectores de gases inflamáveis estejam sempre perto de zero em qualquer que seja a operação.

8.B.3. Controlar totalmente qualquer fonte de ignição: Assegurar que tudo esteja aterrado. Equipamentos e tubulações, inclusive moldes para injeção. Usar sempre equipamentos à prova de explosão e inclusive a parte elétrica. Garantir para que não se gerem vapores no ambiente de estocagem e processamento contendo inflamáveis. Nunca armazene ou processe os materiais inflamáveis próximos de áreas e equipamentos e especialmente chama aberta. Usar em toda área envolvendo armazenagem e operação de materiais inflamáveis, equipamentos e ferramentas que não gerem faísca.

A proteção contra incêndios pode ser discutida em duas frentes: a prevenção e o combate. A discussão com os cuidados apresentados acima se caracteriza como prevenção contra incêndios. Caso ocorra algum incêndio nas condições de operação com AElS, polióis completamente formulados ou sistemas de PU contendo AElS e inclusive no processamento para produção de espumas, aplica-se o combate ao incêndio nos critérios estabelecidos pelo Corpo de Bombeiros para essas unidades de operação. Em outras palavras para cada magnitude de empresa (chamado também de carga de incêndio) o Corpo de Bombeiros determina as condições para o combate através de aspersores (sprinklers), extintores independentes e bombas para jato de água ou espuma. Vide IT 25/2019 que é aplicada inclusive para SMEs. Existem aplicações dos subitens da norma ABNT 17505-4 para cada tipo de equipamento no combate a incêndio desde extintores até canhões de aplicação de água ou espuma.

8.C. Quesitos para análise de risco e prevenção

A análise de risco, deve ser detalhada, para que medidas adequadas sejam tomadas e inclusive com equipamentos dotados de tecnologias mais modernas e precisas para a prevenção desses riscos e para garantir a integridade das pessoas sem perdas materiais.

Normalmente a análise de risco usa “*Check list*” para entender a condição da operação para aplicar as medidas e evitar o risco.

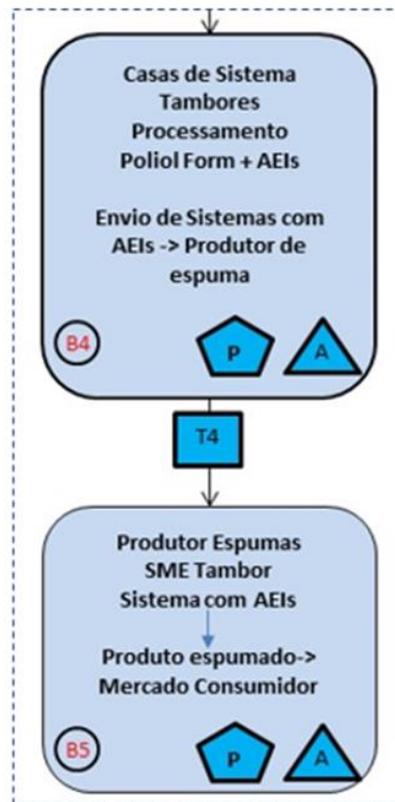
Vários itens para perguntas em análise de risco estão descritos abaixo. A avaliação precisa ser detalhada pois para muitos itens são requeridas ações e para outros são consideradas apenas recomendações.

8.C.1. Itens de “*Check List*” como perguntas e avaliações:

- Material é conhecido;
- Existe risco de fogo e explosão;
- Pessoal treinado;
- Equipamento de proteção individual adequado;
- Perigos de toxicologia;
- Região do risco: área interna ou externa;
- Parte elétrica em área classificada, prova de explosão, aterramento;
- Eletricidade estática;
- Equipamentos apropriados para operação (tanques e máquinas);
- Uso de vácuo ou pressão – Válvulas de controle, de alívio;
- Estocagem de líquido inflamável – captação, diques, gabinete para inflamáveis;
- Sistema de transferência – manual, bombas, por pressão (gás inerte ou ar);
- Sistema de detecção – de incêndio ou gases inflamáveis – tipo de detector – precisão;
- Sistema de pesagem;
- Proteção contra fogo – extintor, água sob pressão, porta corta fogo;
- Processo aquecido, existe área de calor, fonte de chama, controle de temperatura;
- Sistema automático instalado, ou computadorizado, redundância
- Sistema rotativo na operação;
- Uso de tubulações – vazamentos, conexões, uso de válvulas (controle automático).

Foi feito um exercício simplificado de análise de riscos, descrito para etapas com uso de AElS tomando-se como base etapas de atividades descritas na Figura 8.C.1.1 (corte da Figura 7.1). Esta análise não detalha a totalidade dos riscos das etapas das Bases B4 e B5.

Figura 8.C.1.1. Corte da Figura 7.1 – Bases B4 e B5



Base B4

8.C.2. Armazenamento:

- AEIs armazenados podem estar em local externo da área de processamento, local interno mais próximo ou em gabinetes para inflamáveis;
- Manter em ambiente ventilado, coberto, longe do calor, com aterramento, grelhas de captação de vazamento e diques de contenção. O aterramento dos tambores é muito importante.
- Riscos: Quanto maior a quantidade armazenada maior será o risco e ainda maior se estiver junto de áreas de processamento.
- Medidas: Sempre trabalhar com o mínimo possível de material inflamável em áreas isoladas.

8.C.3. Transferência 1:

- Transferência dos AEIs para a área de processamento.
- Riscos: choques durante o trajeto e vazamento, uso de empilhadeira a gás, pois irá gerar calor na área de armazenamento e dentro da área de processamento, incêndio.
- Medidas: Transferir os AEIs com sistema fechado por meio de tubulação. Se não for possível, o transporte com os tambores em áreas internas da fábrica pode provocar choques. Usar preferencialmente empilhadeiras elétricas com encapsulamento da bateria ou carrinhos elétricos ou manuais.

Seguir com o transporte em caminho sinalizado e com instruções para operadores envolvidos nas áreas para evitar choques e acidentes.

Certificar-se de que durante o trajeto existam formas de debelar qualquer risco de incêndio com extintores portáteis ou outra medida para o combate (Linhas de água por exemplo).

8.C.4. Processamento:

-Riscos: Transferência de AEIs pode provocar vazamento através do tanque misturador, elevado nível de vapores na área, vazamentos em tubulações de transferência, pressão elevada em tubulações de transferência, vazamento do tambor, possibilidade de explosão.

-Medidas: Com transferência por tubulação, confirmar para que não haja vazamento das tubulações de transferência de material, confirmar formulação e certificar-se de que o sistema de medição (por peso ou volume) esteja aferido e confiável. Ter instalação com sensor de nível no tanque com aviso de alarme quando chegar em nível crítico para cortar entrada de material ou para acionamento manual. Ter o tanque com colchão de gás inerte (N₂). Ter o motor do tanque à prova de explosão. Ter certeza de que as válvulas do sistema estejam em posições adequadas para a operação em curso e as seguintes.

-Para transferência manual por meio de tambor, mais usual em empresas pequenas, fazê-la com bomba pneumática acionada por gás inerte (N₂) e com tubo pescador no tambor em sistema fechado. Uma bomba elétrica pode ser usada se o sistema for à prova de explosão. Transferência por gravidade deve ser realizada com sistema fechado e respiro de segurança no tambor que controla o nível da adição do AEI esteja aferida e em perfeito funcionamento.

-Toda a operação nesta área deve ser realizada com fluxo de ar e com sensores providos de alarme para que o nível de gás inflamável esteja próximo de zero, ou até 10% do limite mínimo de explosão (LEL) do AEI em operação.

8.C.5. Envase - Tambor

-Riscos: Vazamentos em tubulações de transferência e junto do tambor, pressão elevada em tubulações, níveis elevados de gases na área.

-Medidas: Certificar-se de que não haja vazamento em tubulações de transferência. Verificar as válvulas do sistema para que estejam em posições adequadas para a operação em curso e as seguintes. Toda a operação nesta etapa deve ser realizada com fluxo de ar ou exaustão e com sensores providos de alarme para que o nível de gás inflamável esteja próximo de zero ou até os limites requeridos.

Se o envase em tambores for manual, e embaixo do tanque, cuidar para que haja exaustão adequada (tipo tromba de elefante) ou com captação de gases de forma apropriada.

Manter os tambores aterrados na área de envase.

8.C.6. Transferência 2

Poliol completamente formulado para o depósito de material acabado

-Riscos: Choques durante o trajeto, vazamentos, temperaturas elevadas e incêndio.
Usar carrinho ou empilhadeira adequada conhecendo riscos baseados no ponto de fulgor do material.

Seguir com o transporte em caminho sinalizado e com instruções para operadores envolvidos nas áreas para evitar choques e acidentes

Ter a certeza de que durante o trajeto existam formas de debelar qualquer risco de incêndio com extintores portáteis ou tubulação de água para o combate.

8.C.7-Transporte de B4 para B5 (Figura 2) para que SMEs processem espumas:

-Riscos: O transporte em rodovias pode levar a choques, vazamentos e até incêndios.

-Medidas: Aplicar as regras de transportes baseados da norma ABNT /ANTT

Base 5

Armazenamento e Transferência para a área de Processamento, já discutidos na Base 4.

8.C.8. Processamento:

-Riscos: Vazamentos, elevado nível de gases nas áreas, sobre pressão e incêndio.

-Medidas: Transferir o material do tambor com uso de bomba pneumática com gás inerte, em sistema fechado, com respiro e cuidado para que o nível da máquina não ultrapasse seu limite gerando sobre pressão. Se houver automação do nível da máquina com acionamento do reabastecimento automático os riscos de vazamentos e sobre pressão são minimizados e os níveis de gases no ambiente sempre serão baixíssimos.

Toda a operação nesta área deve ser feita com fluxo de ar e com sensores providos de alarme para o que nível de gás inflamável esteja próximo de zero, ou até 10% do limite mínimo de explosão. Com aterramento em todos os equipamentos e tubulação e parte elétrica à prova de explosão.

8.C.9. Preparação de Espumas:

-Riscos: Excesso de gás inflamável no ambiente e risco de incêndio.

-Medidas: Toda a operação nesta área deve ser realizada com fluxo de ar e com sensores providos de alarme para o que nível de gás inflamável esteja próximo de zero, ou até 10% do limite mínimo de explosão (LEL). Adotando aterramento em todos os equipamentos e tubulação e parte elétrica à prova de explosão. Todas as medidas sugeridas devem ser aplicadas nas áreas da máquina de PU e de injeção dos moldes.

Em todos os casos citados na análise de risco, obviamente, quando ocorrer um incêndio as medidas de combate instaladas em cada construção conforme exigência prévia, serão usadas para a sua extinção. Quer seja pelo uso de um extintor portátil, ou para o caso de empresas maiores, pelo uso de aspersores ou canhão de água. Outro aspecto se refere à capacitação de pessoal para trabalho em área de risco com manuseio de inflamáveis. A literatura sobre treinamentos nessa área é abundante, inclusive no Brasil, com opções de cursos como é o exemplo de: “Gestão de Saúde e Segurança Ocupacional em Atividades com Inflamáveis e Líquidos Combustíveis”, regularmente ministrado pelo SENAI. Ainda pode ser citado o curso sobre a Norma Regulamentadora: “NR 20-

Segurança com Inflamáveis e Combustíveis”, oferecido via internet ou pelo Instituto Brasileiro do Petróleo-IBP e associações.

8.D. Visitas - Empresas do Setor de Espumas que Armazenam e Processam os AEIs

Nesta etapa do projeto, foram visitadas quatro empresas do setor. Importante comentar que as quatro armazenam e processam os AEIs, sendo duas Casas de Sistemas, e outras duas, que além de comprar sistemas prontos, também processam AEIs para preparar polióis completamente formulados como *“in house blending”*.

No geral, mostraram um considerável conhecimento do assunto e adotam os critérios necessários para o armazenamento e processamento com AEIs.

Como pontos positivos, podemos considerar:

-Todas as empresas informaram ter AVCB – Auto de Vistoria do Corpo de Bombeiros, atualizados.

-Armazenam quantidades pequenas, 3-4 tambores por semana, exceto uma delas que tem um volume representativo com quantidades muito maiores. As áreas de armazenagem, estão isoladas da área de operações em ambiente coberto, ventilado e em dois casos possuem cortina de ar na entrada do depósito. Em um deles a armazenagem de AEI está em depósito amplo e aberto, porém em área segregada de outros materiais. Nos casos de depósito fechado, todos com porta corta fogo e a prática de aterramento dos tambores é praticada. Grelhas de captação para possível vazamento de material e dique de contenção está presente. Sistemas de proteção contra incêndio e pessoal para ação imediata existente. A distribuição de extintores estava disponível nas áreas de armazenagem e preparação de misturas com AEI.

Os tambores transferidos para a área de produção se posicionam perto do tanque misturador e o processo de transferência do AEI é normalmente realizado com “tubo pescador” e a transferência se dá com bombas de engrenagem ou pneumática. Em uma das empresas com volume maior de produção, a transferência do AEI é realizada por linha diretamente conectada desde um tanque estacionário pequeno, de aproximadamente 800L, para o tanque de mistura. Em todos os casos a área de mistura possui sensores de alarme para detectar vazamento, o que se caracteriza como prática importante para a segurança durante operação.

Os operadores são treinados para o manuseio e processamento de produtos inflamáveis. Infelizmente, não foi verificado sobre a frequência de substituição desses operadores e qual o período de reciclagem na capacitação deles. Em todos os casos, nunca houve nenhum problema com o manuseio e processamento de inflamáveis.

As empresas que produzem espumas, uma com PU de pele integral e a outra com aplicações em flexíveis e viscoelásticas, já processaram Formiato de Metila e Metilal,

porém atualmente usam exclusivamente Metilal. As duas empresas preparam o polioli formulado que é transferido para um tanque “Pulmão” em sistema fechado com uso de bombas de engrenagem. Na sequência, controles de níveis dos tanques das máquinas injetoras comandam seu reabastecimento de polioli formulado acionado automaticamente por bombas do tanque “Pulmão” que transfere automaticamente material em sistema fechado. Em ambas as empresas, este sistema funciona muito bem e inclusive tanto na área de preparação do polioli formulado quanto na área de injeção. Existem sensores para detecção de níveis elevados dos AElS e sistema de ventilação para manter esses níveis muito abaixo do limite mínimo de explosão tanto na área de misturas quando em produção de espumas e inclusive aterramento em equipamentos, máquinas e moldes.

Como pontos a melhorar destacam-se a necessidade de se conhecer o ponto de fulgor dos polióis formulados. Para as Casas de Sistemas, uma delas tinha conhecimento do ponto de fulgor de seus produtos contendo AElS, entretanto a outra não tinha esses dados. A inexistência desse dado, foi justificado pelo grande número de produtos lançados pela empresa, mas principalmente pela baixa concentração de AEI no polioli formulado ou isocianato formulado, que por analogia teria ponto de fulgor para classificá-lo como não inflamável.

Como o ponto de fulgor é uma característica fundamental para a classificação de produtos quanto à inflamabilidade, seria importante que todos os polióis completamente formulados, ou mesmo Isocianatos contendo AElS tivessem este dado explícito. As regras do GHS e a importância da classificação correta dos produtos, define a necessidade de informar esse dado pelo fornecedor.

Os mesmos comentários valem para auto formuladores *“in house blending”* e produtores de espumas, pois o conhecimento do ponto de fulgor dará mais clareza para os reais cuidados em produção, e desta forma riscos de acidentes poderiam ser ainda mais reduzidos.

Nenhuma das empresas conhecia as normas que foram usadas para definir suas estruturas de prevenção e combate a incêndios e apenas uma tinha procedimento de operação formal e detalhado.

Essas visitas foram muito produtivas e todas as pessoas contatadas se mostraram muito abertas e solícitas. Inclusive, existe a disposição, na maioria delas, em compartilhar o conhecimento e experiência adquirida, caso empresas que precisem de informações nesta área, queiram contatá-las ou mesmo visitá-las. O objetivo da troca e compartilhamento de conhecimento pode contribuir substancialmente para motivar e acelerar o processo de eliminação do HCFC-141b no Brasil.

8.E. Esboço de Procedimento de Operações-Produção de Polioli Completamente Formulado e Processamento de Espuma com AEIs

O esboço da operação pode ser realizado tomando-se a área de misturas para preparação de polioli completamente formulado com AEIs e de processamento de espumas, com regras básicas na prevenção dos riscos no manuseio e operações com **produtos inflamáveis**.

Regras:

- Tomar conhecimento por meio da FISPQ dos riscos dos materiais processados;
- Usar vestimentas e equipamento de proteção individual adequado;
- Usar gás inerte (N₂) nos tanques de misturas;
- Usar gás inerte (N₂) para pressurização dos tanques das máquinas de PU;
- Usar gás inerte (N₂) para a transferência de AEIs;
- Usar o mínimo possível de materiais inflamáveis;
- Usar ventilação adequada para minimizar os níveis de gases no ambiente;
- Detectar com sensores contendo alarme, níveis de vapores inflamáveis no local;
- Eliminar qualquer fonte de ignição e chama aberta, faíscas e áreas quentes;
- Aterrar equipamentos, tubulações e moldes;
- Motores, tomadas e iluminação devem ser à prova de explosão;
- Usar equipamentos e ferramentas apropriadas para o manuseio;
- Saiba como lidar com emergências (incêndios, derramamentos, lesões pessoais) envolvendo os líquidos inflamáveis e combustíveis com os quais se trabalha;
- Siga as regras de saúde, segurança e trabalho (NR20, NR16) que devem ser aplicadas;

Riscos da Operação:

- Vazamentos;
- Incêndio;
- Explosão;
- Intoxicação;

8.E.1. Preparação de Polioli Completamente Formulado com AEIs - SMEs

- Ligar ventilação e alarme;
- Usar transporte adequado para posicionar o tambor de inflamável (AEI) na área de mistura;
- Aterrar o tambor e posicioná-lo sobre uma balança;
- Aplicar gás inerte (N₂) no tanque de mistura;
- Preparar conexões com tubo pescador no tambor e adequar um respiro com dessecador;
- Conectar esta linha à bomba pneumática e desta até à válvula de entrada do tanque de mistura;
- Usar bomba pneumática operada com gás (N₂) para a transferência de AEI;

- Transferir o AEI em região submersa do poliol sob agitação até que a quantidade precisa seja atingida;
- Dosar o tempo de adição do AEI com base na solubilidade do poliol;
- Proceder a agitação até que a mistura esteja homogênea;
- Finalizar o procedimento;
- Envasar em tambores.

Envase -Tambor:

- Aterrar o tambor e posicioná-lo sobre uma balança ou ter a área da balança aterrada;
- Dispensar o poliol completamente formulado por gravidade ou leve pressão com gás inerte (N₂). Ou com uso de bomba adequada, de segurança ou pneumática e pressurizada com gás inerte (N₂);
- Aplicar ventilação ou exaustão para manter o nível de gás dentro dos limites seguros;
- Concluir a etapa quando o peso adequado for atingido.

Armazenamento

- Transferir os tambores para depósito de material acabado. Adotando critérios já mencionados em capítulos anteriores.

8.E.2. Processamento de Espuma – Máquina de Injeção PU

- Ligar ventilação e alarme;
- Usar transporte adequado para posicionar os tambores contendo poliol completamente formulado contendo AEIs na área de processamento próximo da máquina de injeção de PU;
- Aplicar gás inerte (N₂) no tanque de operação da máquina;
- Iniciar a transferência de poliol com uma bomba pneumática usando gás inerte (N₂);
- Ou adotar transferência por gravidade em sistema fechado;
- Transferir o poliol para o tanque da máquina de PU até nível adequado;
- Iniciar o processo de produção de espumas com a relação de mistura Poliol/Isocianato requerida;

O aterramento de todos os equipamentos incluindo moldes e a aplicação de ventilação com os controles de detecção e alarme de gases em níveis adequados, na área da máquina de PU e dos moldes de injeção, mantém o processo em condição segura.

9. Considerações Finais Etapa I

As informações do texto apresentam fundamentos e resoluções da ANTT que regulam os transportes terrestres no Brasil, ao aplicar a norma ABNT NBR 14725-2 que define regras para o sistema de classificação de perigos de produtos químicos e a partir dela estabelece critérios para o transporte seguro dos produtos perigosos, adotando bases do “*Orange Book*” (*Dangerous Goods*)⁹, bem como da edição de 2001 do Acordo Europeu para o Transporte de Produtos Perigosos – ADR. Em adição a isto, a existência

do programa Pro-Química (ABIQUIM), com apoio 24h com rede interligada em todo o país, confere ao Brasil padrão internacional na área de transportes.

Quanto à questão de armazenamento e manuseio de produtos inflamáveis e combustíveis, aplica-se a norma ABNT 17505 que adota padrões internacionais das normas como NPFA-EUA em vários seguimentos desta atividade, NFPA 30¹⁵, por exemplo, e isto inclui, regras de armazenagem, construção, tipos de embalagens, volumes, eletricidade e outros requisitos que devem ser aplicados nos projetos de instalações industriais. O perfil da norma ABNT tem similaridades com a de outros países e governos pesquisados como Austrália AS 1940:2017, ou mesmo Japão, Canada e por fim Europa (HSG51¹⁶ e HSG140¹⁷ Reino Unido) que apresenta oficialmente o tema sobre estocagem e manuseio por meio de Guia de Instruções. Em âmbito nacional, o Corpo de Bombeiros dos estados, tem a função de avaliar os projetos com base na norma ABNT 17505 e autorizar as empresas para que iniciem suas atividades cumprindo todos os padrões da armazenagem e manuseio com o nível de segurança exigido (IT 25/2019¹⁸, IT-42¹⁹ ou IT-43²⁰).

Apesar de alguma discrepância em relação à definição de líquido inflamável, se é abaixo de 37,8°C em seu ponto de fulgor para o Corpo de Bombeiros, ou abaixo 60,5°C para a ANTT ou outro parâmetro, aos poucos elas vão sendo eliminadas com atualizações de documentos. A aplicação de padrões do GHS também tem gerado inconsistências^{21, 22} de normas e padrões em outros países.

A grande lacuna está no fato de, não ter sido encontrado na literatura, normas que tratam do processamento de líquidos inflamáveis nos propósitos deste trabalho para preparação de espumas de poliuretanos. A norma da ASTM D7859²³, encontrada, guarda alguma relação de processo, porém na área de spray, que é bastante diferente do processo usual de preparação de espuma. Outro aspecto importante é que Agentes de Expansão Inflamáveis (AEIs) não são recomendados para preparação de spray em função do alto risco e grande probabilidade de gerar incêndio e até explosão.

Para concluir, fica uma proposta para criação de um Guia e Instruções, além da proposta de norma sobre o processo de preparação de espuma com AEI a ser encaminhada para avaliação junto à ABNT. Esse guia poderia ser preparado no âmbito de alguma área do governo ligada à tecnologia (Meio Ambiente, ou Indústria por exemplo) ou por alguma entidade de classe como a ABIQUIM, por intermédio da Comissão Setorial de PU, ABRIPUR ou educacional com apoio da indústria como o SENAI.

10. Etapa 2 – Considerações Iniciais

As informações apresentadas neste relatório consideram padrões de operação, normas regulamentadoras, normas da ABNT e de outros países e inclusive as boas práticas operacionais da indústria cobrindo as áreas do transporte, manuseio, armazenagem, e processabilidade de Agentes de Expansão Inflamáveis-AEIs na cadeia produtiva de espumas de poliuretanos. Todos esses fundamentos, embasam uma proposta com o objetivo de criação junto à ABNT de norma de processamento e medidas dos níveis de AEIs, conferindo padrão de excelência em operações, visando minimizar riscos e prover ambiente de trabalho seguro na processabilidade de AEIs em toda a cadeia produtiva de espumas de poliuretano.

A criação de uma norma na ABNT precisa cumprir exigências rigorosas e passar por discussões técnicas, considerações de multiplicidade de normas e revisões que devem incluir especificações de equipamentos, precisão, confiabilidade do método, qualidade de texto e outros aspectos que acabam tomando um tempo longo até sua conclusão. Em função dessas considerações, houve consenso no andamento deste trabalho, para que além da proposta de norma a ser apresentada à ABNT, seja elaborado um Guia e Instruções para as pequenas e médias empresas (SMEs) envolvidas com a utilização AEIs na cadeia produtiva de espumas de poliuretano.

A apresentação de proposta para elaboração definitiva de um Guia e Instruções está descritas a seguir. Ao longo do texto estão considerados os regulamentos e normas locais e internacionais que fundamentam necessidades aplicadas a segurança, manuseio, armazenagem e processamento aplicados aos AEIs e políois completamente formulados contendo AEIs (Etapa 2a; Termo de Referência). O Guia e Instruções apresenta conceitos e orientações para se evitar os riscos em operações críticas com AEIs. O modelo de padrão de operação apresentado no Guia e Instruções descreve detalhes de etapas e procedimentos que se caracterizam como as melhores práticas da indústria local e internacional na preparação de polióis completamente formulados e de espumas de poliuretano contendo AEIs (Etapa 2a; Termo de Referência).

Finalmente, a proposta de norma e método para avaliação dos níveis de AEIs, apresentada no item 13 deste relatório (Etapa 2b do Termo de Referência), se baseia em quesitos e modelo da ABNT indicados para avaliação e abertura de projeto necessário para criação de uma norma oficial

11. Guia e Instruções: Uso dos Agentes de Expansão Inflamáveis na Preparação de Políis Completamente Formulados e Espumas na Cadeia Produtiva de Poliuretanos

Os dois principais riscos associados a líquidos inflamáveis e combustíveis são explosão e incêndio.

O manuseio, armazenagem e processamento de líquidos inflamáveis requerem o uso de equipamentos e padrões de operações que respeitem boas práticas de segurança e higiene industrial. Normas e legislações devem ser cumpridas a fim de garantir a integridade do patrimônio e especialmente dos indivíduos que executam as atividades envolvendo líquidos inflamáveis e combustíveis.

Nota: A descrição completa dos itens 11.1 e 11.2 compoem a aplicabilidade de regulamentos nacionais e embasamento internacional contido nas normas que regem todas regras que precisam ser respeitadas para o uso de AElS.(subitem i-Etapa 2a)

11.1. Regulamentos aplicados aos AElS e a Importância do Ponto de fulgor

Regulamentos aplicados ao uso dos Agentes de Expansão Inflamáveis (AElS) na cadeia produtiva de poliuretanos devem se basear necessariamente no ponto de fulgor dos materiais puros e misturas. O Ponto de fulgor é a temperatura mínima na qual um líquido libera vapor suficiente dentro de um recipiente de teste em concentração suficiente para formar uma mistura inflamável com o ar próximo à superfície do líquido. Lembre-se, são os vapores, não o líquido, que se inflama!

A informação sobre o ponto de fulgor de um produto químico deve estar descrita na Seção 9 -Propriedades Físico-Químicas da FISPQ -Ficha de Informação de Segurança de Produtos Químicos - Norma ABNT – NBR 14725-2.

Em geral, quanto mais baixo o ponto de fulgor, maior o risco. O fator determinante para se classificar um líquido como inflamável ou combustível é o seu ponto de fulgor (Ponto de inflamação, combustão ou ignição). Tomando-se em consideração os AElS e os poliíis contendo AElS pode-se obter a classificação desses materiais com base em normas e instruções diferentes, conforme descrição nos itens 11.2.1 e 11.2.2. A partir da classificação quanto à inflamabilidade estabelecida para os materiais, são determinados seus riscos e as condições requeridas para o transporte, armazenamento, manuseio e processamento. A seguir estão os critérios de classificação para os líquidos inflamáveis.

11.2.Classificação de Líquidos Inflamáveis

A seguir estão descritos em detalhes a classificação para líquidos inflamáveis.

11.2.1. Critérios da Norma ABNT NBR 14725-2 e ANTT 420/04

A norma ABNT NBR 14725-2 é aplicada com base no Sistema Globalmente Harmonizado (GHS) seguindo as instruções da Organização das Nações Unidas para o transporte de

produtos perigosos (*Dangerous Goods*) e determina que todo material com ponto de fulgor $\leq 93\text{ C}$ é classificado como inflamável.

Com a aplicação da norma ABNT NBR 14725-2 (Vide Tabela 11.2.1.1) para os Agentes de Expansão Inflamáveis (AEIs) e polióis completamente formulados com AEIs, pode-se estabelecer uma linha divisória: i-materiais com ponto fulgor $\leq 60^{\circ}\text{C}$ são classificados como **Categoria 3** e suas embalagens devem conter pictograma de inflamável e aviso de “Perigo”; ii-materiais com ponto de fulgor $> 60^{\circ}\text{C}$ são classificados como **Categoria 4** e suas embalagens não necessitam de pictograma de inflamável, mas apenas aviso de “Perigo”. O fornecedor dos produtos químicos usados na cadeia produtiva de poliuretanos, precisa apresentar classificação adequada para os materiais por meio da FISPQ.

TABELA 11.2.1. Classificação de Líquidos Inflamáveis

Categoria	Critério
1	Ponto de fulgor $< 23^{\circ}\text{C}$ e temperatura inicial de ebulição $\leq 35^{\circ}\text{C}$
2	Ponto de fulgor $< 23^{\circ}\text{C}$ e temperatura inicial de ebulição $> 35^{\circ}\text{C}$
3	Ponto de fulgor $\geq 23^{\circ}\text{C} \leq 60^{\circ}\text{C}$
4	Ponto de fulgor $> 60^{\circ}\text{C} \leq 93^{\circ}\text{C}$

Fonte: ABNT NBR 14725-2

Com base na classificação da norma ABNT NBR 14725-2, a Resolução ANNT 420/04 adota o mesmo critério e estabelece que líquidos inflamáveis são considerados perigosos somente se apresentarem ponto de fulgor $\leq 60,5^{\circ}\text{C}$, determinados por ensaio em vaso fechado. A ANTT 420/04 define tipos de embalagens por classe de risco para o transporte (Vide Tabela 6.1) com base na classificação quanto à inflamabilidade dos materiais.

A implementação, no Brasil, da Resolução ANTT 420/04 e da norma ABNT NBR 14725-2, ambas fundamentadas no GHS, tem como objetivo aumentar a proteção da saúde humana e do meio ambiente, fornecendo um sistema internacionalmente conhecido na comunicação de riscos que são de fácil interpretação pelos usuários. Por consequência, medidas de segurança podem ser tomadas para gerenciar e minimizar riscos potenciais em circunstâncias de possível exposição a produtos perigosos (inflamáveis).

11.2.2. Critérios da Instrução Técnica IT 25/2019 e ABNT NBR 17505

A Instrução Técnica IT-25/2019 (Corpo de Bombeiros-SP) em concordância com a norma ABNT NBR 17505 estabelecem para armazenagem, operações, prevenção e combate a incêndios e informações sobre edificações, o critério de que líquidos inflamáveis têm pontos de fulgor abaixo de $37,8^{\circ}\text{C}$ e são mais perigosos que os líquidos combustíveis, pois podem inflamar-se à temperatura ambiente.

Líquidos combustíveis têm pontos de fulgor iguais ou superiores a 37,8°C e mesmo sendo mais elevados do que os dos líquidos inflamáveis, eles podem representar sérios riscos de incêndio e / ou explosão quando aquecidos, sendo a volatilidade um fator muito importante associado ao risco desses materiais. O critério de classificação da ABNT NBR 17055 e IT-25/2019 se baseiam na norma da NFPA 30 – *National Fire Prevention Association*, Classes IA, IB, & IC.

Os líquidos inflamáveis e combustíveis, são classificados levando-se em conta suas características físico-químicas, em especial, o ponto de fulgor. A Tabela 11.2.2.1 apresenta um resumo do critério adotado e a Figura 11.2.2.1 dá uma ideia visual que contribuem para a interpretação das regras.

Tabela 11.2.2.1 – Classificação de líquidos inflamáveis e combustíveis

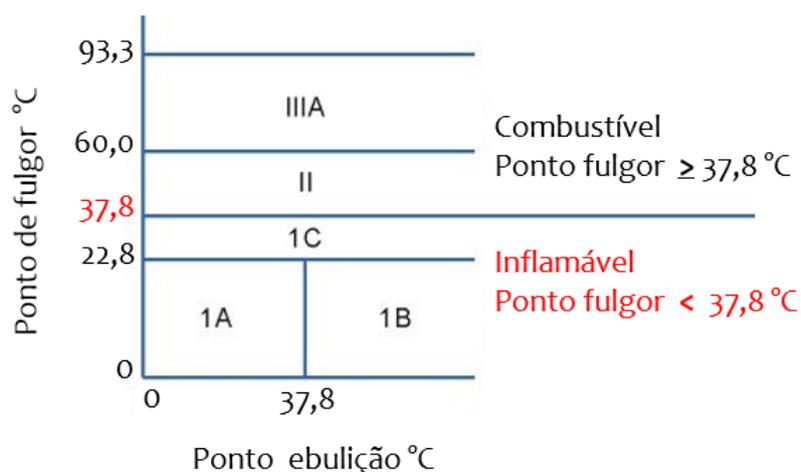
Líquidos	Ponto de fulgor (PF)	Ponto de ebulição (PE)
Inflamáveis		
Classe I	PF < 37,8 °C e PV < 2068,6 mmHg	-
Classe I-A	PF < 22,8 °C	PE < 37,8 °C
Classe I-B	PF < 22,8 °C	PE ≥ 37,8 °C
Classe I-C	22,8 °C ≤ PF < 37,8 °C	-
Combustíveis		
Classe II	37,8 °C ≤ PF < 60 °C	-
Classe III-A	60 °C ≤ PF < 93 °C	-
Classe III-B	PF ≥ 93 °C	-
<i>Nota:</i> PV é a pressão de vapor.		

Fonte: IT 25/2019 Corpo de Bombeiros-SP

Qualquer líquido é considerado inflamável, se seu ponto de fulgor (ou de inflamação) for abaixo de 37,8°C ou acima deste valor, mas ainda continuará na classe de inflamáveis, se contiver 99% ou mais do volume total da mistura. Líquidos inflamáveis devem ser conhecidos como líquidos da Classe I. Os líquidos da classe I são divididos em três classes:

- Classe IA - deve incluir líquidos com pontos de fulgor abaixo de 22,8°C (73°F) e um ponto de ebulição abaixo de 37,8°C (100°F).
- Classe IB - deve incluir líquidos com pontos de fulgor abaixo de 22,8°C (73°F) e um ponto de ebulição igual ou superior a 37,8°C (100°F).
- Classe IC - deve incluir líquidos com pontos de fulgor iguais ou superiores a 22,8°C (73°F) e abaixo de 37,8°C (100°F).

Figura 11.2.2.1 – Classificação de líquidos inflamáveis e combustíveis



Fonte: *The Kolb Website - Safe handling and storage of flammable liquids - 2019*

Os líquidos combustíveis se caracterizam por apresentar um ponto de fulgor igual ou superior a 37,8°C (100°F) e são divididos em duas classes:

- Classe II - inclui líquidos com pontos de fulgor iguais ou superiores a 37,8°C (100°F) e inferiores a 60°C (140°F), exceto qualquer mistura em que algum componente apresente pontos de inflamação iguais ou superiores a 93°C (200°F) e que tal componente represente 99% ou mais do volume total da mistura.
- Classe III - inclui líquidos com pontos de inflamação iguais ou superiores a 60°C (140°F).
- Os líquidos da classe III são subdivididos em duas subclasses:
 - ✓ Classe IIIA – inclui líquidos com pontos de fulgor iguais ou superiores a 60°C (140°F) e inferiores a 93,3°C (200°F), exceto qualquer mistura em que algum componente apresente pontos de inflamação iguais ou superiores a 93,3°C (200°F) e que tal componente represente 99% ou mais do volume total da mistura.
 - ✓ Classe IIIB - inclui líquidos com pontos de inflamação iguais ou superiores a 93,3° C (200°F).

Apenas como exemplo, os dados abaixo extraídos da literatura, descrevem pontos de fulgor determinados em vaso fechado, para alguns produtos químicos.

Alcool Isopropílico	12°C
N-Butanol	36°C
Ciclopentano	-42°C
Etanol 95	25°C
Fornato de metila	-32,3°C
Gasolina comum	-42,8°C
Metanol	9,7°C
Metilal	-30,5 °C
Tolueno	4,4°C
Xileno	25 °C

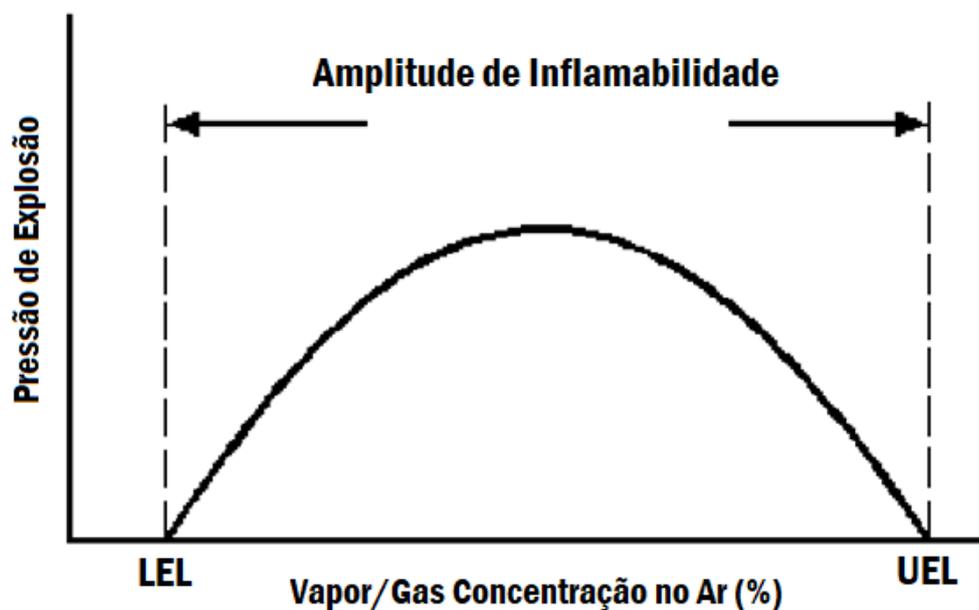
11.3. Limites de Explosividade

Os limites de explosividade ou explosão, envolvem o nível de concentração de um dado produto químico no ar, originando uma mistura gasosa que é explosiva ou inflamável.

No jargão popular, uma mistura de vapor/ar abaixo do limite de inflamabilidade é muito “pobre” para queimar ou explodir. Uma mistura acima dos limites inflamáveis superiores é “rica” demais para queimar.

A maioria dos líquidos inflamáveis é volátil, o que significa que evapora rapidamente e pode atingir uma concentração no ar que pode levar a uma explosão.

Figura 11.3.1. Níveis de explosividade: inferior(LEL) e superior (UEL)



Fonte: *The Kolb Website - Safe handling and storage of flammable liquids - 2019*

11.4. Plano adequado para uso de AEIs

Um plano adequado para o uso seguro de líquidos inflamáveis e combustíveis contém pelo menos os itens descritos abaixo:

11.4.1. Controle das fontes de ignição.

- Pratique o manuseio e armazenamento seguros e controle a incêndio
 - ✓ Identifique fontes de ignição.
 - ✓ Sempre aterre ao transferir líquidos inflamáveis entre recipientes.
 - ✓ Sempre forneça ventilação adequada para reduzir o potencial de ignição.

11.4.2. Armazenamento adequado

- Certifique-se de que os materiais inflamáveis e combustíveis estão armazenados corretamente e de acordo com as instruções do Corpo de Bombeiros local.
 - ✓ Identifique produtos químicos compatíveis.
 - ✓ Isole e separe materiais incompatíveis.
 - ✓ Certifique-se que o local de armazenamento não limite a saída segura de pessoas
 - ✓ Armazene numa área, armário ou recipiente adequado.
 - ✓ Identifique adequadamente os armários e áreas de armazenamento
 - ✓ Armazene os descartes e resíduos em recipientes cobertos e descarte-os diariamente.

11.4.3. Controle de incêndio

- Certifique-se de que mangueiras, extintores de incêndio ou outros dispositivos de controle de incêndio estejam disponíveis onde houver líquidos inflamáveis ou combustíveis.
- Não permita chamas ou que se fume em áreas onde sejam armazenados líquidos inflamáveis ou combustíveis.
- Armazene os materiais que reagem com água em uma sala separada dos líquidos inflamáveis e combustíveis.

11.4.4. Manuseio seguro

- Procure transferir por meio de uma bomba de segurança.
- Procure transferir por gravidade através de uma torneira de segurança de fecho automático certificada.
- Procure transferir por meio de um sistema de tubulação fechado.
- Procure transferir com o uso de recipientes de segurança.
- Use EPIs adequados para este trabalho

11.5. Fontes de Ignição

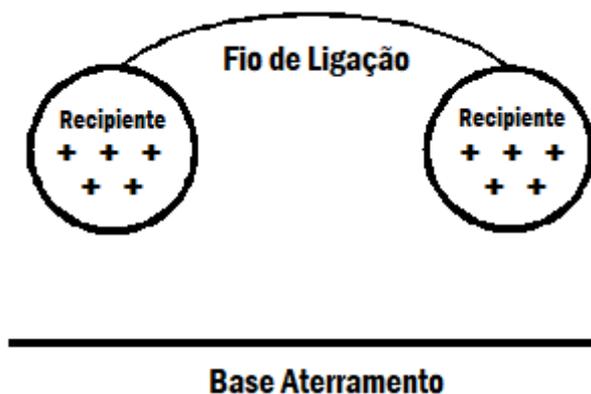
- Chamas abertas;
- Fumar no ambiente de trabalho;
- Corte, soldagem, lixamento;
- Superfícies quentes;
- Faíscas elétricas e mecânicas;
- Eletricidade estática;
- Relâmpagos.

11.6. Prevenção de Eletricidade Estática

Eletricidade estática

- A eletricidade estática é gerada quando um fluido se move através de um tubo ou de uma abertura para um tanque.
- Os principais riscos são incêndio e explosão causados por faíscas que contêm energia suficiente para provocar a queima dos vapores inflamáveis.
- A ligação ou aterramento dos recipientes de líquidos inflamáveis é necessária para evitar que a eletricidade estática cause faíscas.

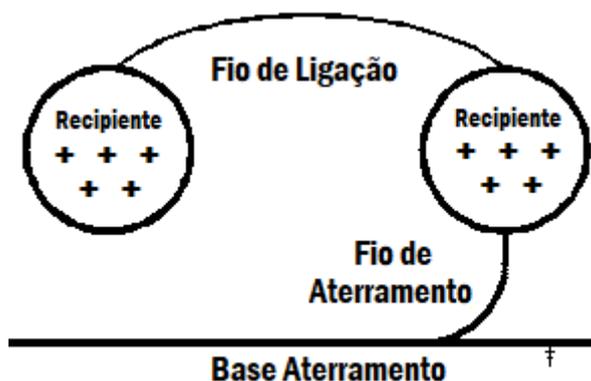
Figura 11.6.1. Fio de ligação entre dois recipientes



Fonte: *The Kolb Website - Safe handling and storage of flammable liquids - 2019*

- Conecte fisicamente dois objetos condutores juntamente com um fio de ligação para eliminar uma diferença no potencial de carga estática entre eles.
- Forneça um fio de ligação entre os recipientes durante as operações de enchimento de líquidos inflamáveis, a menos que um caminho metálico entre eles esteja presente.

Figura 11.6.2. Aterramento



Fonte: *The Kolb Website - Safe handling and storage of flammable liquids - 2019*

- O aterramento elimina a diferença no potencial de carga estática entre objetos condutores e o solo.
 - ✓ Embora a ligação elimine uma diferença de potencial entre os objetos, ela não elimina a diferença de potencial entre esses objetos e a terra, a menos que um dos objetos esteja aterrado com um fio terra.

Figura 11.6.3. Visual sobre prevenção de eletricidade estática



Fonte: Redentor.Ind.br – Produtos

11.7. Ventilação/Exaustão²⁴

- Sempre forneça ventilação adequada para reduzir o potencial de ignição de vapores inflamáveis mantendo os níveis abaixo do LEL (Limite Explosão Mínimo).
- Por exemplo, um ventilador com haletas (pás) de 40 cm de diâmetro, pode apresentar fluxo de ar de 500 litros²⁵ por segundo quando posicionado entre 2-8 metros de um ponto de geração de gases inflamáveis.

11.8. Fundamentos para armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis

- Identifique produtos químicos incompatíveis - consulte a FISPQ;
- Isole e separe materiais incompatíveis;
 - ✓ Isole armazenando em outra área ou sala;
 - ✓ O grau de isolamento depende das quantidades, propriedades químicas e embalagem. Armazenar estritamente o mínimo necessário;
 - ✓ Separe armazenando na mesma área ou sala, mas distanciado um material do outro;
- O armazenamento não deve bloquear ou mesmo limitar o uso de saídas, escadas ou áreas normalmente usadas para a saída de segurança das pessoas;
- Em ocupações de escritório:
 - ✓ O armazenamento é proibido, só o que estiver em uso no momento (necessário para a manutenção e operação de equipamentos).
- O armazenamento deverá ocorrer em:
 - ✓ Recipientes de metal fechados dentro de um armário de armazenamento;
 - ✓ Recipientes de segurança;
 - ✓ Dentro de uma sala de armazenamento.

Figura 11.8.1. Recipientes de segurança para armazenamento e transferência



Fonte: Internet & Redentor.Ind.br – Produtos

- Recipiente certificado com capacidade não superior a 18 litros;
- Tampa de fechamento por mola e tampa do bico;
- Alívio de segurança para quando a pressão interna aumenta, se exposto ao fogo;

Figura 11.8.2. Tela de corta chamas



Fonte: *The Kolb Website - Safe handling and storage of flammable liquids* – 2019

- Impede a entrada do fogo no conteúdo do recipiente;
- Construção de malha dupla;
- A grande área de superfície fornece uma rápida dissipação do calor do fogo, de modo que a temperatura do vapor dentro da lata permaneça abaixo do ponto de ignição;

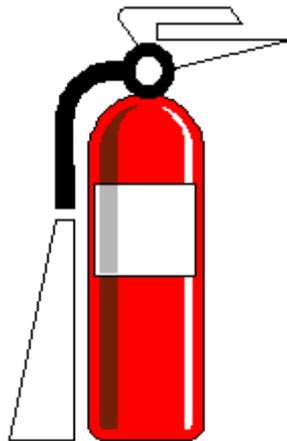
Figura 11.8.3. Armários de armazenamento



Fonte: Internet & Redentor.Ind.br – Produtos

- Não é permitido armazenar mais de 115 litros de líquidos (1 tamborete) de classe I e / ou classe II ou mais de 460 litros (2 tambores) de líquidos de classe III em um armário metálico ((ABNT NBR 17505-4 Tabela A-2);
- O gabinete deve estar visivelmente marcado com "Material Inflamável - mantenha fontes de calor afastadas";
- As portas dos armários de metal devem ter uma trava de três pontos (superior, lateral e inferior); e o peitoril da porta deve ser elevado em pelo menos uns 5 centímetros acima da base inferior do armário;

Figura 11.8.4. Extintor portátil para controle de incêndios



Fonte: *The Kolb Website - Safe handling and storage of flammable liquids - 2019*

- Dispositivos adequados de controle de incêndio, como mangueiras pequenas ou extintores portáteis, devem estar disponíveis onde são armazenados líquidos inflamáveis ou combustíveis;
- Chamas abertas e ato de fumar, não devem ser permitidos nas áreas de armazenamento;
- Os materiais que reagem com a água não devem ser armazenados na mesma sala com líquidos inflamáveis ou combustíveis.

11.9. Transferência de Líquidos Inflamáveis e Fracionamentos

Como existe um risco considerável sempre que líquidos inflamáveis são manipulados, as boas práticas de saúde e segurança do trabalho recomendam as alternativas abaixo para transferência de materiais inflamáveis (a maioria delas definidas como regras da Administração de Segurança Ocupacional e Saude dos Estados Unidos – OSHA);

- Uso de um sistema de tubulação fechado;
- Uso de recipientes de segurança;
- Transferência por gravidade através de uma torneira de segurança certificada com fecho automático;
- Transferência por meio de uma bomba de segurança (manual com uso de manivela, ou pneumática, com uso de gás inerte)

Figura 11.9.1. Válvula de segurança com fecho automático e respiro de segurança



Fonte: *The Kolb Website & Redentor.Ind.br* – Produtos

Nos processos de transferência de materiais inflamáveis sempre usar:

- Fio ou cabo de ligação entre o tambor e o recipiente;
- Fio ou cabo de aterramento entre o tambor e o ponto de aterramento;
- Respiro de segurança no tambor ou recipiente de recebimento;

Figura 11.9.2. Bomba de segurança



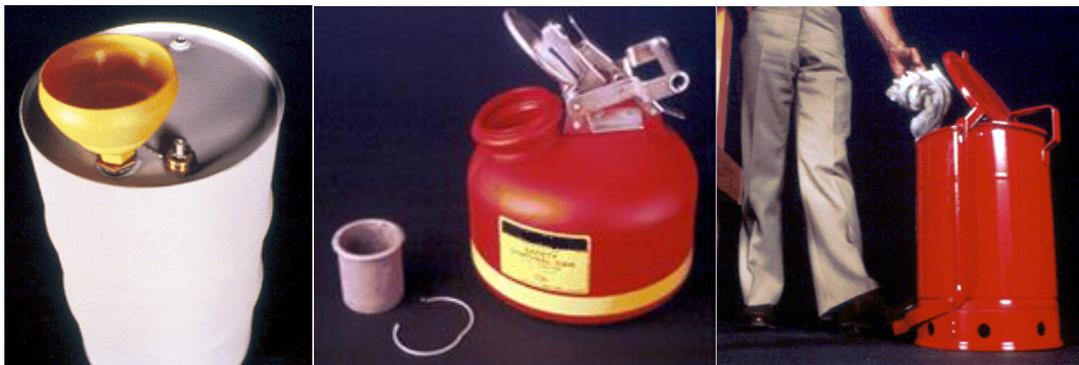
Fonte: *The Kolb Website - Safe handling and storage of flammable liquids – 2019*

- Mais rápido e seguro do que usar uma torneira comum;
- Menor probabilidade de derramamentos;
- Não são necessários respiradouros de segurança separados no tambor;
- Instalado diretamente na abertura da tampa do tambor;
- Algumas mangueiras da bomba possuem fios de ligação integral;

11.10. Descartes e Resíduos

Os descartes e resíduos combustíveis devem ser mantidos no mínimo, armazenados em recipientes metálicos cobertos e descartados diariamente. Abaixo temos alguns exemplos de recipientes adequados.

Figura 11.10.1- Recipientes para descarte de resíduos inflamáveis



Fonte: *The Kolb Website - Safe handling and storage of flammable liquids - 2019*

11.11. Fundamentos de manuseio seguro²⁵

- Leia atentamente a etiqueta do fabricante no recipiente de líquido inflamável antes de armazená-lo ou usá-lo.
- Pratique bons hábitos de limpeza nas áreas de armazenamento de líquidos inflamáveis.
- Limpe os derramamentos imediatamente com panos de limpeza, ou outro material apropriado como: serragem, estopa, material adsorvente especial para contenção de derrames, e coloque-os em recipiente de metal coberto para detino apropriado de acordo com a autorização ambiental. Os resíduos de limpeza podem ser inflamáveis e devem ser tratados obedecendo esta característica.
- Use apenas recipientes de segurança de metal certificados ou o recipiente de origem do fabricante do material para armazenar líquidos inflamáveis.
- Mantenha os recipientes fechados quando não estiverem em uso e guarde-os longe de saídas ou corredores de passagens.
- Use líquidos inflamáveis somente onde houver ventilação adequada.
- Mantenha líquidos inflamáveis longe de fontes de ignição, como chamas, faíscas, lixamento, corte, soldagem, e com total restrição ao ato de fumar.

Nota: A descrição completa dos itens 11.3 a 11.11 respesentam fundamentos e regras necessárias aplicáveis em toda a cadeia produtiva de espumas de poliuretano para se evitar riscos que são sempre críticos ao se processar AEIs (Subitens ii; iii Etapa 2a)

12. Padrão de Operação para manuseio, armazenamento e processamento com AEIs

As instruções descritas a seguir consideram cinco etapas importantes envolvendo o uso de Agentes de Expansão Inflamáveis (AEIs) na cadeia produtiva de espumas de poliuretano, especialmente no âmbito das pequenas e médias empresas (SMEs):

- Recebimento
- Armazenamento
- Fracionamento
- Processamento para preparação de polioli completamente formulado
- Processamento de espumas contendo AEIs

12.1. Recebimento: Estar ciente de que o material recebido, pode se tratar de AEI puro, ou polioli completamente formulado, contento AEI em sua composição para o caso de produtores de espuma. Esse tipo de material precisa ser manuseado, armazenado e processados com todos os cuidados necessários. Adotar as práticas e fundamentos já descritos na parte inicial deste guia tendo como ponto de partida as informações que constam na FISPQ em especial o ponto de fulgor do material. Após o recebimento, transportar o material para uma área, depósito ou armário já destinados para este fim e que obedeçam os critérios previamente definidos por legislação local e vistoriada pelo Corpo de Bombeiros. O transporte deve ser feito em carrinho manual, ou mesmo em empilhadeiras apropriadas e com o devido cuidado durante o trajeto evitando riscos adicionais em função de choques e quedas de material no percurso.

12.2. Armazenamento: Deve conter o mínimo necessário de AElS para garantir as operações da empresa considerando-se volume de produção e vendas. A reposição de estoque deve respeitar a demanda da empresa evitando riscos ao se armazenar material inflamável em excesso. O local de armazenamento deve atender normas (ABNT NBR 17505) , padrões, regras e leis oficiais e inclusive as instruções do Corpo de Bombeiros, quanto à adequação para proteção a incêndio, material elétrico e à prova de explosão recomendados, aterramento, ventilação, dique de contenção se for o caso, e sinalização adequada. A Instrução Técnica IT-25/2019 e Projeto Técnico Simplificado-PTS ou Projeto Técnico-PT apresentado por um engenheiro junto ao Corpo de Bombeiros cobrem essas questões. Além do aterramento e ventilação adequada, já mencionados, o uso de sensores para detecção do níveis de AElS é fundamental para que o LEL (Limite Mínimo de Explosividade) não seja atingido e desta forma se garanta condições seguras de trabalho. Os critérios da norma ABNT e IT, consideram inclusive os projetos de instalação das plantas que devem ser respeitados.

Para armazenagem em pequenas quantidades, é recomendável o uso de armários para materiais inflamáveis que podem simplificar as operações e com custo reduzido comparados à área preparada em alvenaria, por exemplo. O uso de armário para a armazenagem, deve respeitar os limites máximos permitidos, que considera a área da empresa, tipo da embalagem a ser adotada, se tambor ou fracionado e especialmente a classificação do material inflamável. Já descrito no item armazenagem em armários. Vale repetir que não é permitido armazenar mais de 115 litros de líquidos em única embalagem (1 tamborete) classe I e/ou classe II ou mais de 460 litros (2 tambores) de líquidos de classe III em um armário (ABNT NBR 17505-4 Tabela A-2). Material fracionado em embalagens metálicas de até 5 litros permitem armazenamento em quantidades superiores ao que estão descritas para tambor. Lembrando que o gabinete deve estar visivelmente marcado com "Material Inflamável - mantenha fontes de calor afastadas"

12.3. Fracionamento: A prática do fracionamento de material inflamável em quantidades definidas ou padrões que atendam a múltiplos para etapas de misturas posteriores, podem ser uma boa medida para se evitar riscos que ocorrem em medições e pesagens próximas às áreas de processamento. O fracionamento pode ser feito em área de armazenamento ou próximo dos armários de inflamáveis, desde que devidamente organizados para esta prática. Importante salientar que o uso de embalagens adequadas, sendo à prova de explosão são altamente recomendadas (para o uso de embalagem metálicas normais: tamboretas ou baldes é necessário o uso de válvulas de segurança com fecho automático e respiro de segurança). Inclusive a utilização de fios de ligação e aterramento são fundamentais para se eliminar cargas eletrostáticas e faíscas. Ventilação apropriada e uso de sensores, mesmo portáteis, são necessários para se garantir um ambiente com níveis de AEI abaixo do limite mínimo de explosão (LEL). As técnicas e uso de equipamentos adequados para transvase ou fracionamento estão descritas em itens iniciais deste guia (11.9. Transferência de Líquidos Inflamáveis e Fracionamento).

12.4. Padrão de Operação para preparação de polioli completamente formulado

A preparação do polioli completamente formulado segue em descrição abaixo considerando-se três opções usuais:

- Transferência do AEI por tubulações em sistema fechado;
- Adição de AEI com pesagem em linha;
- Adição de AEI com embalagens pesadas previamente;

A área de trabalho para preparação das misturas deve respeitar as regras de segurança e boas práticas de operação executadas com base nos fundamentos apresentados na parte inicial deste guia. Cabe repetir que é necessário que a parte elétrica e iluminação seja adequada e à prova de explosão. Fios de ligação e aterramento devem ser usados nas transferências de AEI, sob ventilação e sensores para detecção dos níveis de AEI. Caso esses níveis excedam o LEL (Limite Mínimo de Explosividade), toda a operação precisa ser interrompida para que os níveis voltem ao normal e as devidas correções sejam feitas.

Exceto para o caso de transferência do AEI por tubulação, deve-se proceder o transporte de tambor ou recipientes fracionados ou previamente pesados para a área de mistura. O transporte deve ser feito em carrinho manual, ou mesmo em empilhadeira apropriada e com o devido cuidado durante o trajeto evitando riscos adicionais em função de choques e quedas de material no percurso.

Nota: Modelo de operação suscinto sobre preparação de polioli completamente formulado e preparação de espuma descrito no Apêndice 17.1

12.4.1. Transferência de AEI por tubulações em sistema fechado: - Empresas em condições de fazer transferência de AEI em sistema fechado, isto é, através de tubulações desde a área de armazenamento até o tanque de mistura tem a possibilidade de operar em condições muito seguras. Nesse caso precisam manter atmosfera com gás inerte (colchão de nitrogênio, N₂) no tanque de mistura e garantir uma pressão compatível com a transferência de AEI, que é dosado direta e lentamente no interior da massa do polioli já formulado para garantir homogeneização adequada. As aferições de balanças, válvulas e manômetros para evitar falhas ou sobre pressão, e inclusive vazamentos em linhas do AEI, são cuidados imprescindíveis para que as operações ocorram sem nenhum risco.

12.4.2. Adição de AEI com pesagem em linha: - Se o processo adotar a pesagem de AEI na área de mistura, deve-se posicionar o recipiente sobre uma balança e fazer a transferência, por gravidade ou por meio de uma bomba de segurança (Figura 11.9.2), ou ainda com uma bomba pneumática com uso de gás inerte, nitrogênio preferencialmente. Posicionar o tubo de adição do AEI dentro da massa de polioli formulado. Durante a transferência do AEI, o tanque de mistura deve conter um colchão de nitrogênio mantido sob leve pressão ou fluxo para permitir que a transferência de AEI seja dosada direta e lentamente no interior da massa do polioli já formulado até a homogeneização completa.

12.4.3. Adição de AEI por embalagens pesadas previamente: - Instruções desta etapa consideram a preparação de misturas com transferência de AEI em embalagens previamente pesadas. Os recipientes devem ser posicionados próximos do tanque de mistura para transferência do AEI manualmente por gravidade e em sistema fechado e contendo respiro de segurança. O tanque de mistura deve conter um colchão de nitrogênio e respiro de segurança para facilitar a entrada do AEI dos recipientes, e para permitir que a transferência de AEI seja dosada direta e lentamente no interior da massa do polioliol já formulado até a homogeneização completa.

Nos três casos citados na preparação de polioliol completamente formulado, além da parte elétrica e iluminação ser à prova de explosão, o emprego de aterramento, ventilação e sensores de AEI no ambiente próximo ao tanque de mistura darão segurança ao processo e irão garantir que o LEL (Limite Mínimo de Explosividade) esteja sempre abaixo do recomendado. Se por alguma razão esses limites forem ultrapassados interrompe-se o processo para as devidas correções.

O polioliol completamente formulado contendo AEI, preparado em qualquer das etapas anteriores, é envasado em tambores ou recipientes menores, tomando-se os cuidados com aterramento, ventilação e sensores para evitar que o LEL não ultrapasse seu limite e com isso os padrões seguros de operações sejam mantidos. Em seguida é transportado internamente de forma segura para a área de armazenagem apropriada.

Notas:

1. Dependendo do tipo do AEI e sua concentração na composição do polioliol completamente formulado, o ponto de fulgor pode atingir valor que não requer pictograma de inflamável (> 60 conforme norma ABNT NBR 14725-2), mas apenas aviso de "Perigo" o que confere menor risco no transporte. Materiais com esta característica são muito vantajosos quanto a aplicação das normas ABNT NBR 17505 e IT 25/2015 quanto à armazenagem, manuseio e processabilidade, pois não são considerados inflamáveis. Por isso é importante que se determine o ponto de fulgor dos poliolióis completamente formulados.

2. Importante: É possível que algumas empresas adotem o critério de adicionar AEI também ao Isocianato. Isso ocorre porque ao se dividir a quantidade de AEI parte no polioliol e parte no Isocianato, existe a possibilidade de ambos os componentes (Polioliol completamente formulado e Isocianato completamente formulado) deixarem de ser classificados como inflamáveis (Vide detalhes no item 11.2. Classificação de líquidos inflamáveis e combustíveis), diminuindo consideravelmente os riscos no transporte e armazenamento. Entretanto, é imprescindível que durante o processamento de espuma se conheça o nível de AEI presente na composição e todos os cuidados de processabilidade de um sistema inflamável sejam tomados.

3. Outro aspecto extremamente importante ao se manusear Isocianatos para a preparação de Isocianato completamente formulado contendo AEI, se refere ao aspecto de higiene industrial uma vez que a toxicidade de Isocianatos é elevada, tanto o polimérico quanto suas misturas. Níveis elevados desses materiais no ambiente, podem trazer sérios problemas para a saúde em especial no trato respiratório. Riscos adicionais

com o manuseio de Isocianatos consiste em sua alta reatividade com umidade do ambiente. Muitas vezes pode ocorrer um processo de reação, liberando aminas no interior do tanque de mistura ou mesmo no tambor. Essas estruturas são auto catalíticas e com o passar do tempo, o material armazenado em tanques, IBCs ou tambores pode gerar pressão excessiva nesses recipientes com sérios riscos para o manuseio.

12.5. Processamento de espumas contendo AEI

O polioliol completamente formulado contendo AEI e sendo inflamável, é recebido e transportado para a área de armazenamento ou armário para inflamáveis. Este polioliol deve ser transportado com todos os cuidados já descritos anteriormente para a área de processamento de espumas juntamente com o Isocianato. Considerando-se que o Isocianato não é inflamável, a descrição tem enfoque sobre o carregamento de polioliol contendo AEI para o tanque de operação da máquina injetora de PU. Esta transferência ocorre com aterramento do recipiente e pode ser feita por gravidade ou auxílio de bomba de segurança ou pneumática com uso de gás inerte, preferencialmente nitrogênio. Após a transferência para o tanque da máquina o sistema polioliol/isocianato é pressurizado com uso de gás inerte (N₂). A máquina de PU possui aterramento e a parte elétrica e iluminação da área são à prova de explosão. A relação de mistura polioliol e isocianato é ajustada de acordo com a especificação deste *Sistema de Poliuretano* e o material está preparado para ser injetado nos moldes. Durante todo o processo de operação além do sistema de aterramento, a área de trabalho deve estar dotada de ventilação e de sensores próximos da máquina e dos moldes para a injeção. Esta prática mantém o ambiente seguro e com os níveis de AEI controlados para que o LEL esteja sempre abaixo de 10%. Uma planilha em Excel para simulação dos níveis de AEI está disponível no Apêndice 17.3 para se entender a magnitude de risco e necessidade de troca de ar durante injeção.

12.6. Processamento de Espuma em Bloco com a Adição de AEI *in loco*

O polioliol completamente formulado contendo AEI sendo inflamável, é recebido e transportado para a área de armazenamento ou armário para inflamáveis. Este polioliol deve ser transportado com todos os cuidados já descritos anteriormente para a área de processamento de espumas juntamente com o Isocianato. Considerando-se que o Isocianato não é inflamável, a descrição tem enfoque sobre o carregamento de polioliol contendo AEI para um “batedor” que normalmente fica dentro dos moldes de blocos. O polioliol completamente formulado para esta aplicação possui concentração reduzida de AEI e o ajuste de densidade normalmente ocorre com adição *in loco* de quantidade adicional de AEI. Esta transferência de AEI deve ser feita com embalagens previamente pesadas, por gravidade ou com bombas de segurança ou pneumática, e mesmo assim os níveis de AEI podem ser altos no ambiente.

A preparação de blocos é especialmente perigosa porque o sistema está aberto o tempo todo e grandes quantidades de material contendo AEI é processado gerando exotermia de que considerável quantidade de AEI tende a ser liberada no ambiente. Devem ser adotados todos os cuidados com aterramento dos recipientes, ventilação compatível

com o volume de espuma processada e uso dos sensores em locais apropriados para garantir que os níveis de AEI estejam sempre abaixo dos 10% do LEL.

Apesar de todos os cuidados para minimizar os riscos de operação, é prudente evitar que Agentes de Expansão Inflamáveis (AEIs) sejam utilizados na produção de blocos.

12.7. Resíduos e Produtos Rejeitados Injetados com Espumas contendo AEIs

A cadeia produtiva de espumas de poliuretano, como a maioria de processos industriais, pode gerar material rejeitado, resíduo nas fases de produção e no final da vida útil dos produtos. O risco quanto à segurança dos resíduos de produção é maior se contiverem quantidades de AEIs misturados com a espuma. Entretanto, as espumas com AEIs e mesmo as expandidas com agentes de expansão não inflamáveis são materiais combustíveis e devem ser tratados respeitando esta característica.

A prática do descarte não só dos resíduos industriais, mas dos produtos rejeitados em produção e após o tempo de vida útil dos produtos é muito grande mundialmente. Para isso adota-se o descarte em aterros sanitários, que só é permitido após a classificação dos resíduos. No Brasil, as agências de proteção ao meio ambiente dos estados, concedem esta classificação que permite destinar essas espumas aos aterros sanitários e inclusive para coprocessamento para geração de energia na produção de cimento.

Empresas envolvidas na cadeia produtiva de PU, podem contar com critérios de reciclagem e adoção de práticas mais modernas da economia circular. Existem, no mundo e no Brasil, tecnologias disponíveis para o processamento de espumas, que normalmente seriam descartadas, em vários segmentos de aplicação²⁶ e inclusive com glicólise²⁷ de espumas para regeneração de polióis e sua reutilização na cadeia produtiva de poliuretanos.

Nota: Todos os procedimentos “padrão de operação” descritos nos itens 12.4 e 12.5 são explicativos, mas pode-se adotar o critério de ações suscintas e diretas como exemplificado no Apêndice 17.1. Os textos de 12.4; 12.5 e do Apêndice 175.1 cobrem proposição de um padrão de operação (subitem iv-Etapa 2a).

13. Proposta de Método para Criação de Norma da ABNT

Neste item, estão descritos os passos mais importantes para apresentação de uma proposta de método à ABNT. Esta proposta segue os requisitos e modelo sugerido pela ABNT para se submeter material para criação de normas. O seu encaminhamento será por meio do Comitê Brasileiro de Química CB-10 da ABIQUIM, tendo o apoio da Comissão Setorial de Poliuretanos.

O conceito do método se baseia na premissa de que o uso de AEIs na cadeia produtiva de espumas de poliuretano é viável se os níveis de AEI no ambiente de trabalho durante seu manuseio, armazenamento e processabilidade estiverem dentro do Limite Mínimo de Explosividade (LEL) e portanto atendam as condições seguras para garantir a integridade material das empresas e especialmente dos indivíduos.

Considerando-se que ao se processar os AEIs é necessário que seus níveis sejam controlados, optou-se por descrever os processos em todas as etapas em que AEIs são usados e para que concomitantemente seus níveis sejam determinados. Na primeira parte da proposta, o processo é descrito em linhas gerais com ênfase nos cuidados requeridos para condição segura de operação. Na parte final o enfoque é para o método de avaliação e os pontos mais críticos para medição de AEI no ambiente.

13.1. Minuta -Proposta de Método para CB 10/ABIQUIM - Comissão Setorial de Poliuretanos

13.2. Título -Determinação dos níveis de explosividade durante preparação de polioliol completamente formulado e processamento de espumas de poliuretano contendo Agentes de Expansão Inflamáveis - AEIs

13.3. Escopo: Este método descreve a determinação dos níveis de explosividade durante a preparação de polioliol completamente formulado e processamento de espumas de poliuretano contendo Agentes de Expansão Inflamáveis -AEIs em sua composição. A técnica se vale de medições em linha com sensores automáticos e monitoração manual em pontos específicos com maior probabilidade de riscos de operação. O LEL (Limite Mínimo de Explosividade) deve ser mantido abaixo de 10% do LEL do AEI em processo.

13.4 Referências Normativas

- NBR ISO/IEC80079-20-2 de 05/2018 Atmosferas explosivas - Parte 20-2: Características dos materiais - Métodos de ensaio de poeiras combustíveis ²⁸;
- ABNT – NBR 16545 – Revestimento Poliureia/Poliuretano;
- ASTM D1356 – 17 Standard Terminology Relating to Sampling and Analysis of Atmospheres;

- ASTM D7859 – 19 *Practice for Spraying – Test Specimen Preparation of Spray PU Foam*;
- ABNT NBR 16240-2013 -Sistema de Espuma Rígida e Processo para Aplicação por Spray
- NFPA 30 – Liquid Code – Storage Handling, Use of Flammable and Combustible Liquids
- ABNT-NBR 17505-4 2015 Corrigida 2015 – Armazenamento de Líquidos Inflamáveis Parte 4 – Armazenamento em recipientes e em tanques portáteis até 3000 L;
- HS51-2015 UK - Storage of Flammable liquid in container;
- HS140-2015-UK Safe use and handling of flammable liquids;
- Instrução Técnica IT-25/2019 - Líquidos combustíveis e inflamáveis Corpo Bombeiros PM-SP

13.5. Termos e definições

13.5.1. Polioliol Completamente Formulado

Um polioliol formulado é composto basicamente por estruturas do tipo álcool, que são moléculas poliméricas contendo vários grupos hidroxilas e, portanto, são chamadas de polióis. Os polióis representam tipicamente pelo menos 70% em peso na mistura que ainda possui aditivos como catalisadores, surfactantes e outros. O termo completamente formulado significa que nesta mistura está presente o agente de expansão, que para este caso é inflamável. Na tecnologia de poliuretanos, normalmente o polioliol completamente formulado também pode ser chamado de resina ou simplesmente: componente POLIOL. São usados em combinação com ISOCIANATOS para a preparação de espumas de poliuretanos.

13.5.2. Isocianatos

São compostos orgânicos com terminações de grupos isocianato (NCO). Na tecnologia de poliuretanos são normalmente chamados de: componente ISOCIANATO, ou abreviado para ISO. São usados em combinação com POLIOL para a preparação de espumas de poliuretanos

13.5.3. Sistemas de Poliuretano

Trata-se da combinação de dois componentes, inicialmente líquidos, sendo um formado por estruturas poliméricas hidroxiladas, isto é POLIOL, que ainda contém aditivos e agente de expansão em sua composição; e o outro de função NCO -ISOCIANATO, que ao serem misturados originam um terceiro componente conhecido como sistema de poliuretano que neste caso produz espumas. As espumas podem ser preparadas em processo manual ou em máquinas de injeção.

13.5.4. Processos concomitantes

Referem-se à processabilidade em diferentes etapas do processo envolvendo AEI na cadeia produtiva de poliuretanos que demandarão medições, simultâneas ao processo, dos níveis de AEIs na atmosfera.

13.5.5. Limites Mínimos e Limites Máximos de Explosividade de AEIs

O LEL (Limite Mínimo de Explosividade) e o UEL (Limite Máximo de Explosividade) são especificados para os AEIs alvos desta norma (Formiato de Metila LEL= 4,5 vol%; Metilal LEL= 1,5 vol%). O objetivo para uma condição segura de operação desta norma deve ser igual ou menor que 10% do LEL.

13.6. Procedimento

O procedimento desta norma cobre as etapas a seguir, que apresentam envolvimento de AEIs descritos aqui como processos concomitantes, pois necessitam de medições dos níveis de AEIs para garantir ambiente seguro do trabalho. A técnica de medição dos níveis de AEIs está descrita no final.

13.7. Processos Concomitantes - Processabilidade com AElS

13.7.1. Armazenamento: As áreas de armazenagem devem conter o mínimo necessário de AElS para garantir as operações da empresa considerando-se volume de produção e vendas. A reposição de estoque deve respeitar a demanda da empresa evitando riscos ao se armazenar material inflamável em excesso. O local de armazenagem deve atender normas, padrões, regras e leis oficiais e inclusive as instruções do Corpo de Bombeiros, quanto à adequação para proteção a incêndio, material elétrico e à prova de explosão recomendados, aterramento, ventilação, dique de contenção se for o caso, e sinalização adequada. A Instrução Técnica IT 25/2019 e Projeto Técnico Simplificado-PTS ou Projeto Técnico-PT apresentado por um engenheiro junto ao Corpo de Bombeiros cobrem essas questões. Além do aterramento e ventilação adequada, já mencionados, o uso de sensores para detecção dos níveis de AElS é fundamental para que o LEL (Limite Mínimo de Explosividade) não seja atingido e desta forma se garanta condições seguras de trabalho.

Para armazenagem em pequenas quantidades, é recomendável o uso de armários para materiais inflamáveis que podem simplificar as operações e com custo reduzido comparados à área preparada em alvenaria, por exemplo. O uso de armário para armazenagem, deve respeitar os limites máximos permitidos, que considera a área da empresa, tipo da embalagem a ser adotada, se tambor ou fracionado e especialmente a classificação do material inflamável. Já descrito no item armazenagem em armários. Vale repetir que não é permitido armazenar mais de 115 litros de líquidos em única embalagem (1 tamborete) classe I e/ou classe II ou mais de 460 litros (2 tambores) de líquidos de classe III em um armário (ABNT NBR 17505-4 Tabela A-2). Material fracionado em embalagens metálicas de até 5 litros permitem armazenamento em quantidades superiores ao que estão descritas para tambor. Lembrando que o gabinete deve estar visivelmente marcado com "Material Inflamável - mantenha fontes de calor afastadas".

13.7.2. Fracionamento: A prática do fracionamento de material inflamável em quantidades definidas ou padrões que atendam a múltiplos para etapas de misturas posteriores, podem ser uma boa medida para se evitar riscos que ocorrem em medições e pesagens próximas às áreas de processamento. O fracionamento pode ser feito em área de armazenagem ou próximo dos armários de inflamáveis, desde que devidamente organizados para esta prática. Importante salientar que o uso de embalagens adequadas, sendo à prova de explosão são altamente recomendadas (para o uso de embalagem metálicas normais: tamboretas ou baldes é necessário o uso de válvulas de segurança com fecho automático e respiro de segurança). Inclusive a utilização de fios de ligação e aterramento são fundamentais para se eliminar cargas eletrostáticas e faíscas. Ventilação apropriada e uso de sensores, mesmo portáteis, são necessários para se garantir um ambiente com níveis de AEI abaixo do limite mínimo de explosão (LEL). As técnicas e uso de equipamentos adequados para transvase ou fracionamento estão descritas em itens iniciais deste guia (11.9. Transferência de Líquidos Inflamáveis e Fracionamento).

Aplicar o método de medição dos níveis de AEIs nas áreas de armazenagem e fracionamento. Descrição do método no final

13.7.3. Preparação do Poliol Completamente Formulado

A preparação do poliol completamente formulado segue em descrição abaixo considerando-se três opções usuais:

- Transferência do AEI por tubulações em sistema fechado;
- Adição de AEI com pesagem em linha;
- Adição de AEI com embalagens pesadas previamente;

A área de trabalho para preparação das misturas deve respeitar as regras de segurança e boas práticas de operação executadas com base nos fundamentos apresentados na parte inicial deste guia. Cabe repetir que é necessário que a parte elétrica e iluminação seja adequada e à prova de explosão. Fios de ligação e aterramento devem ser usados nas transferências de AEI, sob ventilação e sensores para detecção dos níveis de AEI. Caso esses níveis excedam o LEL (Limite Mínimo de Explosividade), toda a operação precisa ser interrompida para que os níveis voltem ao normal e as devidas correções sejam feitas.

Exceto para o caso de transferência do AEI por tubulação, deve-se proceder o transporte de tambor ou recipientes fracionados ou previamente pesados para a área de mistura. O transporte deve ser feito em carrinho manual, ou mesmo em empilhadeira apropriada e com o devido cuidado durante o trajeto evitando riscos adicionais em função de choques e quedas de material no percurso.

13.7.3.1. Transferência de AEI por tubulações em sistema fechado - Empresas em condições de fazer transferência de AEI em sistema fechado, isto é, através de tubulações desde a área de armazenamento até o tanque de mistura tem a possibilidade de operar em condições muito seguras. Nesse caso precisam manter atmosfera com gás inerte (colchão de nitrogênio, N₂) no tanque de mistura e garantir uma pressão compatível com a transferência de AEI, que é dosado direta e lentamente no interior da massa do poliol já formulado para garantir homogeneização adequada. As aferições de balanças, válvulas e manômetros para evitar falhas ou sobre pressão, e inclusive vazamentos em linhas do AEI, são cuidados imprescindíveis para que as operações ocorram sem nenhum risco.

13.7.3.2. Adição de AEI com pesagem em linha: Se o processo adotar a pesagem de AEI na área de mistura, deve-se posicionar o recipiente sobre uma balança e fazer a transferência, por gravidade ou por meio de uma bomba de segurança (acionamento por manivela), ou ainda com uma bomba pneumática com uso de gás inerte, nitrogênio preferencialmente. Posicionar o tubo de adição do AEI dentro da massa de poliol formulado. Durante a transferência do AEI, o tanque de mistura deve conter um colchão de nitrogênio mantido sob leve pressão ou fluxo para permitir que a transferência de AEI seja dosada direta e lentamente no interior da massa do poliol já formulado até a homogeneização completa.

13.7.3.3. Adição de AEI por embalagens pesadas previamente: Instruções desta etapa consideram a preparação de misturas com transferência de AEI em embalagens previamente pesadas. Os recipientes devem ser posicionados próximos do tanque de mistura para transferência do AEI manualmente por gravidade e em sistema fechado e contendo respiro de segurança. O tanque de mistura deve conter um colchão de nitrogênio e respiro de segurança para facilitar a entrada do AEI dos recipientes, e para permitir que a transferência de AEI seja dosada direta e lentamente no interior da massa do polioliol já formulado até a homogeneização completa.

Nos três casos citados na preparação de polioliol completamente formulado, além da parte elétrica e iluminação ser à prova de explosão, o emprego de aterramento, ventilação e sensores de AEI no ambiente próximo ao tanque de mistura darão segurança ao processo e irão garantir que o LEL (Limite Mínimo de Explosividade) esteja sempre abaixo do recomendado. Se por alguma razão esses limites forem ultrapassados interrompe-se o processo para as devidas correções.

O polioliol completamente formulado contendo AEI, preparado em qualquer das etapas anteriores, é envasado em tambores ou recipientes menores, tomando-se os cuidados com aterramento, ventilação e sensores para evitar que o LEL não ultrapasse seu limite e com isso os padrões seguros de operações sejam mantidos. Em seguida é transportado internamente de forma segura para a área de armazenagem apropriada.

Nota:

Dependendo do tipo do AEI e sua concentração na composição do polioliol completamente formulado, o ponto de fulgor pode atingir valor que não requer pictograma de inflamável (> 60 conforme norma ABNT NBR 14725-2), mas apenas aviso de "Perigo" o que confere menor risco no transporte. Materiais com esta característica são muito vantajosos para a aplicação das normas ABNT NBR 17505 e IT 25/2015 quanto à armazenagem, manuseio e processabilidade, pois não são considerados inflamáveis. Por isso é importante que se determine o ponto de fulgor dos polióis completamente formulados.

**Aplicar o método de medição dos níveis de AEIs nas áreas de preparação de Polioliol Completamente Formulado e envase em tambores ou recipientes menores.
Descrição do método no final.**

13.7.4. Preparação de Espumas contendo AEIs

O polioliol completamente formulado contendo AEI e sendo inflamável, é recebido e transportado para a área de armazenamento ou armário para inflamáveis. Este polioliol deve ser transportado com todos os cuidados a partir de carrinhos e empilhadeiras apropriadas para a área de processamento de espumas juntamente com o Isocianato. Considerando-se que o Isocianato não é inflamável, a descrição tem enfoque sobre o carregamento de polioliol contendo AEI para o tanque de operação da máquina injetora de PU. Esta transferência ocorre com aterramento do recipiente e pode ser feita por gravidade ou auxílio de bomba de segurança ou pneumática com uso de gás inerte, preferencialmente nitrogênio. Após a transferência para o tanque da máquina, o

sistema polioli/isocianato é pressurizado com uso de gás inerte (N₂). Para processamento adequado, a máquina de PU possui aterramento e a parte elétrica e iluminação da área devem ser à prova de explosão. A relação de mistura polioli e isocianato é ajustada de acordo com a especificação deste *Sistema de Poliuretano* e o material está preparado para ser injetado nos moldes. Durante todo o processo de operação além do sistema de aterramento, a área de trabalho deve estar dotada de ventilação e de sensores próximos da máquina e dos moldes para a injeção. Esta prática mantém o ambiente seguro e com os níveis de AEI controlados para que o LEL esteja sempre abaixo de 10%. Uma planilha em Excel para simulação dos níveis de AEI está disponível para se entender a magnitude de risco e a necessidade de troca de ar durante injeção

Aplicar o método de medição dos níveis de AEIs na etapa de Preparação de Espumas que contenham AEIs. Descrição do método no final

13.7.5. Descrição do Método de Medição de AEIs no Ambiente

-Apenas pessoal treinado deve estar nas áreas de processamento e medições dos níveis de AEIs

-Uso de equipamentos de proteção individual são requeridos para as atividades nas áreas de operação com AEIs e execução do método.

-Todas as medidas de segurança devem ser adotadas nessas áreas tais como: ventilação adequada, toda parte elétrica deve ser apropriada e inclusive à prova de explosão, fios de ligação e aterramento presente em equipamentos e recipientes, ausência total de chama aberta, fontes de calor, áreas quentes, e nenhuma ação que traga riscos como solda, lixamento e mesmo fumar no ambiente. Sistema de proteção e combate a incêndios ativos.

-Sensores adequados e aferidos, tanto fixos como portáteis, devem ser usados para medição.

A medição dos níveis de AEI no ambiente de trabalho requer o uso de sensores automáticos posicionados preferencialmente à 50cm de distância, no máximo, da área com possível liberação de AEI. O uso de pelo menos dois sensores é importante para se ter avaliação cruzada e ao mesmo tempo redundante em caso de falha de um deles.

Armazenamento: As áreas de armazenamento apresentam baixo risco, pois os recipientes estão fechados. A instalação dos sensores automáticos dará segurança ao local com avaliação dos teores de AEI continuamente no ambiente. Em adição ao controle contínuo, a medição com sensor manual duas vezes ao dia é suficiente para avaliação cruzada e garantir que os níveis AEI estejam abaixo de 10% do LEL (Limite Mínimo de Explosividade). Anotar os valores em planilha e manter os registros nas áreas de operação ou em arquivo eletrônico.

Fracionamento ou Transferência: Para as medições em área de armazenagem ou próximas ao armário de inflamáveis durante o processo de fracionamento, os sensores fixos devem estar posicionados em no máximo 50 cm de distância do recipiente que irá receber o AEI, e o sensor portátil suspenso por cordão na região do peito do operador. Executar medidas durante o transvase e certificar-se de que os níveis no ambiente estejam sempre abaixo de 10% do LEL (Limite Mínimo de Explosividade). Anotar os valores em planilha e manter os registros nas áreas de operação ou em arquivo eletrônico

Preparação de Polioliol Completamente Formulado: Nesta etapa existem três formas para a preparação do Polioliol Completamente Formulado (Vide detalhes de processo acima), porém quanto à medição de AEI no ambiente, pode-se considerar que as regiões com possibilidades de risco de vazamento de AEIs são: entrada de AEI no tanque de mistura e possível saída por válvula de segurança ou respiro de segurança do tanque ou ainda próximo da saída de AEI dos recipientes de transferência. Posicionar os sensores automáticos de medição nas regiões de maior risco para cada processo em uso e manter o medidor portátil suspenso por cordão na região do peito do operador. Executar medidas durante a transferência de AEI e certificar-se de que os níveis no ambiente estejam sempre abaixo de 10% do LEL (Limite Mínimo de Explosividade). Anotar os valores em planilha e manter os registros nas áreas de operação ou em arquivo eletrônico

Preparação de Espumas contendo AEIs – Na etapa de preparação de espuma, os níveis de risco com liberação de AEI estão em dois pontos:

1. Transferência de Polioliol Completamente Formulado para o tanque de processo da máquina: Mesmo em sistema fechado com transferência do material por bomba de segurança ou com bomba pneumática, os níveis de risco de vazamento de AEIs estão na entrada de AEI no tanque de mistura e possível saída por válvula de segurança ou respiro de segurança do tanque ou ainda próximo da saída de AEI dos recipientes de transferência (tambor ou recipiente menor). Posicionar os sensores automáticos de medição nas regiões de maior risco e manter o medidor portátil suspenso por cordão na região do peito do operador. Executar medidas durante a transferência de AEI e certificar-se de que os níveis no ambiente estejam sempre abaixo de 10% do LEL (Limite Mínimo de Explosividade). Anotar os valores em planilha e manter os registros na área de operação ou em arquivo eletrônico
2. Injeção de espuma nos moldes: Após ajuste da relação da mistura polioliol/isocianato faz-se a injeção da espuma nos moldes, local em que ocorre saída de AEI por orifícios de ventilação dos moldes. Posicionar os sensores próximos do molde e proceder medições. Para esta etapa do processo as medições com sensor manual junto do operador podem ser feitas apenas algumas vezes ao dia para monitorar os valores. É importante que as medições estejam sempre abaixo de 10% do LEL. Anotar os resultados em planilha e manter registros na área de operação ou em registro eletrônico.

Notas:

1. Em todas as etapas do processo que se aplicam este método, sempre que os níveis de explosividade de AEI no ambiente ultrapassarem os 10% do LEL, o sistema elétrico deve ser desligado mantendo-se apenas o sistema de ventilação em operação para que os níveis de explosividade voltem ao normal. Em seguida será necessário entender as razões que levaram a este incidente para corrigi-lo.

2. Uma sugestão de planilha para anotação dos valores de AEI no ambiente é apresentada para manter o histórico das medições e para avaliação de possíveis distorções. Apêndice 15.2

3. Uma planilha em Excel para simulação dos níveis de AEI está disponível para se entender a magnitude de risco e necessidade de troca de ar durante injeção. Esta planilha pode auxiliar na interpretação dos níveis de AEI liberados na preparação de espuma por tipo de aplicação. Apêndice 17.3.

14. Considerações Finais - Etapa 2

O Projeto BRA/16/G71, alvo deste relatório, permitiu um entendimento mais amplo dos riscos dos AEIs e suas implicações na cadeia produtiva de poliuretanos considerando normas, instruções, regras e padrões e da indústria, nacional e internacionais. A Etapa 2 se dedicou à implementação de todos esses conceitos n.E prevenção de riscos em diferentes etapas de uso do AEIs. A aplicação das melhores práticas de operação no armazenamento, manuseio e processamento de AEIs trará reais benefícios à segurança dos indivíduos e à cadeia produtiva de poliuretanos.

A proposta de elaboração de um Guia e Instruções, permitiu que os requisitos da Etapa 2 do Temo de Referência fossem atendidos em todos os seus quesitos. Os fundamentos apresentados no Guia e Instruções considera as normas e regulamentos de segurança aplicados ao AEIs na cadeia de poliuretanos (Item 11.1 e -11.2 cobrem **subitem i Etapa 2a**) com base na norma ABNT NBR 17505 e IT-25/2019, que apresentam fundamentos em normas internacionais. Os critérios dessas normas consideram, além de regras para dar total segurança às operações, instruções construtivas das plantas industriais para o uso seguro de matérias inflamáveis.

A visão geral das melhores práticas está descrita no Guia e Instruções em várias etapas dos processos, que são sempre críticos por processar material inflamável. Os detalhes nas descrições, consideram os riscos e ações e medidas que precisam ser tomadas para que as operações sejam executadas em condições seguras (itens 11.3-11.11; 12.4 e 12.5 Apêndice 17.1 cobrem **subitens ii e ii Etapa 2a**).

O Guia e instruções descreve descrição dos processos e padrões de operação explicativos em diversas etapas com uso de AEIs, como por exemplo, preparação de polioli completamente formulados e preparação de espumas. No Apêndice 17.1 está

descrito um exemplo de procedimento padrão com ações sucintas que pode ser facilmente aplicado (Itens 12.4; 12.5 e Apêndice 17.1 cobrem **subitem 2a**).

Por fim, a proposta de norma e método para avaliação dos níveis de AEIs, apresentada no item 13 deste relatório (Etapa 2b do Termo de Referência), se baseia em quesitos e modelo da ABNT indicados para avaliação e abertura de projeto necessário para criação de uma norma oficial.

15. Conclusão

A implementação dos Agentes de Expansão Inflamáveis (AEIs) Formiato de Metila e Metilal para a eliminação de HCFC-141b representa alternativa técnica e economicamente viável na cadeia produtiva de espumas de poliuretano. A inflamabilidade destes agentes de expansão, traz grande preocupação e demanda a adoção de padrões de segurança para mitigar riscos com a utilização destes AIEs. Os fundamentos apresentados no Projeto BRA/16/G71 constituem uma etapa importante no processo de eliminação do HCFC-141 no Brasil, pois a aplicação de normas, regras, conceitos, e boas práticas elencadas neste trabalho, contribuirão substancialmente para que as operações com AEIs sejam seguras.

A possibilidade de se preparar um Guia e Instruções com informações deste projeto representa um potencial muito grande para o processo educacional de pessoal e das próprias SMEs. Os fundamentos e conceitos importantes deste trabalho devem fazer parte das boas práticas e procedimentos operacionais com AEIs nas SMEs.

A proposta de norma discutida neste relatório é muito importante, pois a possibilidade de se ter uma norma da ABNT, representará uma fonte de informações com regras e instruções de elevado padrão para que as operações com AEIs sejam executadas em condições seguras.

A proposta discutida neste relatório da possível criação de norma ABNT é muito importante, pois representará uma fonte de informação e regras confiável e dará maior consistência e segurança nas operações com AEIs na cadeia de poliuretanos.

16. Referências

1. TEAP -Technical and Economical Assessment Panel 2006
2. Anton Paar Technical Catalog on Flash Point Equipment, Germany 2019
3. ASTM – 56-16a - Test Method for Flash Point by Tag Closed Cup Tester
4. ABNT NBR 7974-2014 Determinação do ponto de fulgor pelo vaso fechado - TAG
5. Tatiana Furtado Alvim, Rodrigo Lucius de Amorim, -O Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Substâncias Químicas – GHS E a Legislação Brasileira de Transporte Terrestre de Produtos Químicos, Volume 2 Número 1 de Maio de 2010, Revista ANTT
6. GHS, Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals, United Nations, Revisão 1, New York e Genebra, 2005.
7. Descrição – Implementação de Ações dos países no GHS (Brasil)
http://www.unece.org/trans/danger/publi/ghs/implementation_e.html
8. UN GHS Purple Book UN GHS
https://www.chemsafetypro.com/Topics/GHS/UN_GHS_Purple_Book.html
9. UN Orange Book- UN Recommendations on the Transport of Dangerous Goods Model Regulations, https://www.chemsafetypro.com/Topics/TDG/UN_Orange_Book.html
10. ADR – European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road: Restructured ADR Applicable as from January 1, 2019 (New Edition)
11. ABNT-NBR – 14725-2 Produtos Químicos – Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente - P: Sistema de classificação de perigo
12. ABNT-NBR – 14725-2 Produtos Químicos – Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente - Parte 4: Ficha de informações de segurança de produtos químicos (FISPQ).
13. NR20 – Líquidos Combustíveis e Inflamáveis
14. ABNT-NBR 17505-4 2015 Versão Corrigida 2015 – Armazenamento de Líquidos Inflamáveis Parte 4 – Armazenamento em recipientes e em tanques portáteis até 3000 L
15. NFPA 30 – Liquid Code – Storage Handling, Use of Flammable and Combustible Liquids
16. HS51-2015 UK - Storage of Flammable liquid in container
17. HS140-2015-UK Safe use and handling of flammable liquids
18. Instrução Técnica IT-25/2019 - Líquidos combustíveis e inflamáveis Corpo Bombeiros PM-SP
19. Instrução Técnica IT-42/2018 Projeto Técnico Simplificado (PTS) Corpo Bombeiros PMS-SP
20. Instrução Técnica IT-43/2019 Adaptação às normas de segurança contra incêndio em edificações existentes Corpo de Bombeiros PM - SP
21. Osha & Fire code liquid classification take different directions, Glenn Carter, Industrial Safety and Engineering News, August 2013
22. Construction Concerns: Classification of Flammable and Combustible Liquids, Gregory Havel, Fire Engineering 10,6,2015
23. ASTM D7859 – 19 Practice for Spraying – Test Specimen Preparation of Spray PU Foam
24. Performance Analysis of Pedestal and Table fans; Annual Sessions of IESL, pp. [1 - 10], 2016; © The Institution of Engineers, Sri Lanka A.G.T. Sugathapala, R.A.C.P. Ranasinghe, B. Anthujan, S. Srikandaraj and V.Vipulan
25. The Kolb Website - http://tkolb.net/tra_sch/Flammable/index.html
26. Isopa_May 2012_Fact sheets_List of References with Suggested Reading Material.docx
27. Reciclagem de poliuretanos rígidos através da glicose e seus impactos na reaplicação propriedades de espumas recicladas, Simon Licciardi, Tese de Mestrado USP Maio, 2019
28. NBRISO/IEC80079-20-2 de 05/2018 Atmosferas explosivas - Parte 20-2: Características dos materiais - Métodos de ensaio de poeiras combustíveis

17. Apêndices

17.1. Esboço de Procedimento de Operações-Produção de Polioli Completamente Formulado e Processamento de Espuma com AEIs

O esboço da operação pode ser realizado tomando-se a área de misturas para preparação de polioli completamente formulado com AEIs e de processamento de espumas, com regras básicas na prevenção dos riscos no manuseio e operações com **produtos inflamáveis**.

Regras:

- Tomar conhecimento por meio da FISPQ dos riscos dos materiais processados;
- Usar vestimentas e equipamento de proteção individual adequado;
- Usar gás inerte (N₂) nos tanques de misturas;
- Usar gás inerte (N₂) para pressurização dos tanques das máquinas de PU;
- Usar gás inerte (N₂) para a transferência de AEIs;
- Usar o mínimo possível de materiais inflamáveis;
- Usar ventilação adequada para minimizar os níveis de gases no ambiente;
- Detectar com sensores contendo alarme, níveis de vapores inflamáveis no local;
- Eliminar qualquer fonte de ignição e chama aberta, faíscas e áreas quentes;
- Aterrar equipamentos, tubulações e moldes;
- Motores, tomadas e iluminação devem ser à prova de explosão;
- Usar equipamentos e ferramentas apropriadas para o manuseio;
- Saiba como lidar com emergências (incêndios, derramamentos, lesões pessoais) envolvendo os líquidos inflamáveis e combustíveis com os quais se trabalha;
- Siga as regras de saúde, segurança e trabalho (NR20, NR16) que devem ser aplicadas;

Riscos da Operação:

- Vazamentos;
- Incêndio;
- Explosão;
- Intoxicação;

17.1.1. Preparação de Polioli Completamente Formulado com AEIs - SMEs

- Ligar ventilação e alarme;
- Usar transporte adequado para posicionar o tambor de inflamável (AEI) na área de mistura;
- Aterrar o tambor e posicioná-lo sobre uma balança;
- Aplicar gás inerte (N₂) no tanque de mistura;
- Preparar conexões com tubo pescador no tambor e adequar um respirador com dessecador;
- Conectar esta linha à bomba pneumática e desta até à válvula de entrada do tanque de mistura;

- Usar bomba pneumática operada com gás (N₂) para a transferência de AEI;
- Transferir o AEI em região submersa do polioliol sob agitação até que a quantidade precisa seja atingida;
- Dosar o tempo de adição do AEI com base na solubilidade do polioliol;
- Proceder a agitação até que a mistura esteja homogênea;
- Finalizar o procedimento;
- Envasar em tambores.

17.1.2. Processamento de Espuma – Máquina de Injeção PU

- Ligar ventilação e alarme;
- Usar transporte adequado para posicionar os tambores contendo polioliol completamente formulado contendo AEIs na área de processamento próximo da máquina de injeção de PU;
- Aplicar gás inerte (N₂) no tanque de operação da máquina;
- Iniciar a transferência de polioliol com uma bomba pneumática usando gás inerte (N₂);
- Ou adotar transferência por gravidade em sistema fechado;
- Transferir o polioliol para o tanque da máquina de PU até nível adequado;
- Iniciar o processo de produção de espumas com a relação de mistura Polioliol/Isocianato requerida;

O aterramento de todos os equipamentos incluindo moldes e a aplicação de ventilação com os controles de detecção e alarme de gases em níveis adequados, na área da máquina de PU e dos moldes de injeção, mantém o processo em condição segura.

17.2. Planilha de registro dos níveis de AEIs em etapas de processamento

Medição dos Níveis de AEI no Ambiente									
Local									
Processo									
		Sensor Fixo Posicao			Sensor manual Posição			Observações	
Dia	Hora	1	2	3	1	2	3		
1									
1									
1									
2									
2									
2									
3									
3									
3									
4									

17.3. Planilha em Excel: Simulação dos níveis de AEIs por tipo de aplicação de espuma

Agente de Expansão Inflamável (AEI) Processamento de Espumas de Poliuretano							
Simulação Espumas Rígidas			Tipo de Aplicação - Perda de AEI na Espumação (1)				
Componentes		Espuma Formulação	Bloco	Gabinetes Comercial	Gabinetes Domestica	Spray	
			25	15	10	50	
Poliol + Aditivos		94					
AEI - Ecomate -> Peso molecular	60,08	6					
Isocianato		120					
Total		220					
AEI na mistura, %		2,73					
Processamento da espuma							
Tempo Crescimento Inicial, seg		10					
Tempo Crescimento final, seg		60					
Tempo de gel = 85% crescimento, seg		51					
Tempo total para liberar gas, seg		41					
Peso Espuma Injetada por peça, g		10000					
Quantidade total de AEI, g		272,73					
Perda de AEI na espumação, g	10000		68,18	40,91	27,27	136,36	
Perda por segundo, g/s			1,66	1,00	0,67	3,33	
Volume gerado, l/s			0,62	0,37	0,25	1,24	
Vazão l/s (0,50 abaixo de 10%) Valor acima de 1 precisa troca de			1,24	0,74	0,50	2,48	
Ecomate LEL (10%) (0,50% por Volume no Ar)			0,50	0,50	0,50	0,50	
Concentração V/V para 100 l de ar (%)			0,0062	0,0037	0,0025	0,0124	

Planilha em Excel segue em separado

Paulo Altoé – novembro de 2019