

# SEGURANÇA INTRÍNSECA

P. E. Pascon



A violenta expansão da indústria química durante as décadas de 60 e 70 trouxe com ela uma preocupação crescente sobre a segurança das instalações, principalmente após alguns incidentes com repercussões nos meios públicos, afetando a imagem de muitas empresas e aumentando as pressões de órgãos reguladores. Na época os pioneiros da área desenvolveram diversas abordagens para solucionar estes problemas, baseados em algumas técnicas já utilizadas pela indústria nuclear e aeronáutica. Neste contexto surgiram o PHA, HAZOP, HAZAN e a QRA, que se tornaram prática comum ao longo dos anos. Por outro lado, apesar do conceito de segurança intrínseca existir desde o começo do século e seus benefícios potenciais em termos de custo, ainda é uma ferramenta pouco aplicada.

## Introdução

O risco é uma combinação da ocorrência do evento perigoso (frequência ou probabilidade) e das conseqüências (probabilidade). Para reduzir o risco, devemos reduzir ou eliminar qualquer um destes fatores, aumentando desta forma a segurança.

Para reduzir a probabilidade ou frequência de um evento perigoso normalmente adicionamos sistemas de proteção e instituímos procedimentos para minimizar a chance de falha. Por outro lado, para reduzir as conseqüências de um evento que já está ocorrendo devemos lançar mão de medidas que minimizem o grau de exposição, como por ex.: equipamentos de proteção individual, ventilação forçada, água pulverizada, proteção contra incêndio, procedimentos de emergência, distâncias de afastamento, isolamento, etc....

A essência de um projeto intrinsecamente seguro é evitar ou remover os perigos ao invés de adicionar equipamentos, itens ou instalações de proteção. Quanto menos a segurança for dependente de equipamentos, sistemas e procedimentos, mais intrinsecamente seguro é a planta ou o processo.

## A origem do conceito

Praticamente a única versão de segurança intrínseca de prática corrente em nosso parque industrial são os equipamentos eletroeletrônicos intrinsecamente seguros. Um circuito intrinsecamente seguro é definido pelos padrões da CENELEC como: "Um circuito no qual nenhuma centelha e nenhum efeito térmico produzido nas condições de teste prescritas neste padrão (o qual inclui operação normal e as condições de falha especificadas) é capaz de causar ignição de uma determinada atmosfera explosiva". A segurança está garantida mesmo na presença de falhas. Segurança intrínseca é a técnica mais habitualmente utilizada para garantir a segurança de instrumentos em atmosferas potencialmente explosivas. É um conceito britânico que data do começo do século e abrange equipamentos, barreiras de segurança e sistemas.

Entretanto, a partir da década de 70 este conceito foi entendido como sendo muito mais amplo. O conceito de um projeto intrinsecamente seguro foi introduzido por Trevor Kletz em 1976, num trabalho desenvolvido a partir do acidente em Flixborough (Inglaterra). Desde então, ele tem

divulgado e publicado muito sobre este tema. No início o interesse era limitado, mas a grande perda de vidas em Bhopal (1984) deu um ímpeto maior à discussão.

Um exemplo doméstico deste conceito pode ser verificado entre um sobrado e uma casa térrea. Escadas são uma fonte significativa de acidentes num sobrado, conseqüentemente uma casa térrea poderia ser considerada intrinsecamente segura. Escadas são intrinsecamente inseguras, mas elas podem se tornar seguras através de iluminação, corrimão, portão para crianças, etc... É importante distinguir entre segurança intrínseca e segurança, uma vez que segurança intrínseca é a qualidade mais desejável. É melhor alcançar segurança intrinsecamente (por exemplo: dispensando as escadas), do que através de modificações (instalando um corrimão, etc...), uma vez que eventos imprevisíveis (por exemplo: degrau podre ou rachado) não poderiam causar problemas. Entretanto, pode ser tarde demais para adotar uma alternativa intrinsecamente mais segura se o projeto ou mesmo a construção da moradia já começou.

Um outro exemplo clássico, e este diretamente ligado a indústria de processos: **Aquilo que não existe não pode vazar!** Isto sugere uma abordagem na concepção dos processos e instalações que minimize a quantidade de equipamentos - e na realidade esta idéia vai mais além para incluir plantas onde, devido aos produtos envolvidos ou seu pequeno inventário as conseqüências de qualquer vazamento poderiam ser minimizados. Tal abordagem oferece diversas vantagens. Minimizar os perigos intrínsecos de uma planta oferece economias, reduzindo a necessidade de sistemas e instrumentação de segurança dispendiosos, aliviando a carga no pessoal e dos procedimentos, e simplificando os planos de emergência tanto dentro como fora das plantas. Na condição extrema, os perigos e riscos podem ser tão baixos que muitos destes controles nem seriam necessários.

## Princípios Gerais

Na prática, muitos dos processos que operamos realmente requerem que produtos perigosos sejam estocados, e algumas vezes em quantidades até consideráveis; ou que condições severas de operação sejam mantidas, como por exemplo, uma reação que pode se descontrolar. Portanto, a questão a ser feita é: **“podemos mudar o processo ou as instalações para torná-los intrinsecamente seguros?”**. Os princípios gerais com os quais podemos alcançar uma planta intrinsecamente segura podem ser classificados como:

**substituição-** substituir materiais perigosos por menos perigosos (reconhecendo porém que aqui poderia haver algum proveito para o ciclo de vida do produto). Exemplo: mudar o meio de resfriamento no processo de óxido de etileno de óleo térmico para água pressurizada.

**intensificação-** reduzir os inventários de produtos perigosos. Exemplo: passar a operar com quilogramas ao invés de toneladas num processo como o de fabricação de nitroglicerina.

**atenuação-** usar processos ou materiais perigosos em condições menos severas, de forma a limitar seu perigo potencial. Exemplo: dissolver num solvente, estocar amônia em tanques refrigerados onde a pressão é mais baixa, usar traço de vapor para limitar temperatura.

**isolamento-** separar os produtos químicos das pessoas. Exemplo: reduzir as tensões de projeto em tubulações de gás para aumentar a integridade de contenção, montar plantas em locais afastados de vias públicas.

**simplificação-** fazer a planta e o processo mais simples de projetar, construir e operar, e conseqüentemente menos factíveis de falhas humanas, de controle ou de equipamentos. Exemplo: injetor com falha segura para mistura de ácido nítrico e glicerina.

Praticamente não existe nada novo sobre isto, e poderiam até serem considerados pontos óbvios. Certamente estes pontos fazem parte do nosso bom senso. Mas muito da “segurança” se constitui numa questão de bom senso; sendo o nosso grande problema então, garantir que ele seja sempre aplicado.

Para auxiliar na aplicação desses princípios

básicos a tabela (I) abaixo sumariza:

(i) um número de aspectos de processo, plantas e equipamentos a serem considerados para cada princípio;

(ii) algumas palavras-chave selecionadas para estimular o questionamento de processo, planta ou equipamento

- Tabela 1-

Princípio	Considerações	Palavras-chave
<b>substituição</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>rota do processo: matérias-primas, intermediários, produtos finais, impurezas e subprodutos</li> <li>utilidades e auxiliares de processo: combustíveis, fluidos de troca térmica, refrigerantes e reciclos</li> <li>onde estão estes materiais: tanques de estocagem, no processo, em transporte,....</li> </ul>	<p>eliminar substituir evitar combinar</p>
<b>intensificação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>dimensões dos equipamentos principais ou das quantidades envolvidas nas operações</li> <li>operação em regime contínuo ao invés de regime em batelada</li> <li>possibilidade de reações mais rápidas</li> <li>alterar a densidade dos perigos: espalhar sobre áreas mais amplas ou sub-dividir inventários</li> </ul>	<p>intensificar combinar reduzir dividir</p>
<b>atenuação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>reações que podem se descontrolar ou envolver fenômenos de explosão ou decomposição térmica</li> <li>condições de operação: temperatura, pressão, velocidade, toxidez, corrosividade, explosividade, .....</li> <li>operação em regime contínuo ao invés de regime em batelada</li> <li>grandes volumes de “calor” ou de “frio”</li> <li>sistemas com inércia elevada</li> </ul>	<p>simplificar atenuar evitar diluir reduzir</p>
<b>isolamento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>integridade da contenção: tensão de projeto, conexões, selos, partes móveis</li> <li>contenção secundária e terciária</li> <li>minimizar corrosão e desgaste</li> <li>lay-out de equipamentos, seções e plantas</li> <li>localização do empreendimento</li> <li>acionamento e controle remoto</li> <li>cuidado com vents e drenos</li> </ul>	<p>separar conter remover isolar reforçar</p>
<b>simplificação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>mantenha uma concepção simples</li> <li>possibilidade de equipamentos ou tecnologias alternativas</li> </ul>	<p>simplificar substituir</p>

O princípio de substituição é particularmente importante nos estágios iniciais do desenvolvimento de um processo. Os princípios subsequentes tornam-se progressivamente mais importantes na medida em que o projeto básico e o projeto detalhado avança. Deslocando-se tabela abaixo, há uma tendência de sobreposição crescente com segurança “extrínseca” e a distinção entre o que é intrínseco e o que é extrínseco torna-se confusa. Seria inutilmente pedante procurar uma diferenciação precisa.

Por outro lado, a busca pela segurança intrínseca não deveria parar mesmo quando proteção extrínseca já foi adotada. Algumas formas de proteção extrínseca podem ser considerados mais intrinsecamente seguros do que outras e poderiam até influenciar num processo de decisão. Por exemplo: para proteção de vasos contra fogo a alternativa “passiva” de isolamento térmico fixo aplicada do lado de fora do vaso é intrinsecamente mais segura do que a alternativa “ativa” de água pulverizada. Podemos perceber isto na especificação de um sistema de alívio para fogo no momento de calcular a vazão de alívio requerida, ou seja, podemos dar crédito ao isolamento térmico mas não à água pulverizada.

A consideração por segurança intrínseca deveria começar cedo, de preferência mesmo antes de iniciar os fluxogramas, no estágio de concepção do processo. Daí então, deveria continuar através do desenvolvimento de processos, execução dos fluxogramas, elaboração de P&I's e projeto detalhado.

A mesma ênfase para uma abordagem antecipada se aplica as diversas fases formais de estudo de perigo em projetos: Estudo de Compatibilidade, PHA, HAZOP, HAZAN; identificando problemas antes do projeto detalhado, evitando mudanças onerosas e medidas de proteção adicionadas. A consideração por segurança intrínseca deveria ser parte destes estudos de perigo e não algo separado, mas mesmo um estudo preliminar de perigos poderia se mostrar tardio demais. Exemplo: escadas são uma fonte significativa de acidentes num sobrado, consequentemente

uma casa térrea poderia ser considerada intrinsecamente segura; mas poderia ser tarde demais para adotar uma alternativa intrinsecamente mais segura se o projeto ou mesmo a construção da moradia já começou.



**Figura 2- Acidente numa fábrica de fertilizantes, localizada na área urbana da cidade de Toulouse, França, em 21/09/2001, que resultou em 29 fatalidades e quase 900 feridos. Estas conseqüências poderiam ter sido dramaticamente reduzidas pelo princípio do isolamento.**

## **O que justifica o uso de segurança intrínseca?**

Para plantas já em operação as oportunidades para tal abordagem podem se mostrar um tanto quanto raras, exceto nas ocasiões em que haverá mudanças de instalação, “upgrading” do processo ou aumento da capacidade instalada. Contudo, num empreendimento que vai ser iniciado, num projeto em andamento ou num processo que está sendo desenvolvido, o gasto de horas-homem numa avaliação desta natureza é plenamente justificável:

- Segurança intrínseca torna o processo mais simples, reduzindo o custo tanto da instalação como da operação, colocando em dúvida aquele velho mito no qual segurança custa dinheiro. Proteção extrínseca pode se mostrar complexa, onerosa e difícil de manter.
- Medidas extrínsecas podem falhar, fato este levado em consideração em qualquer quantificação de eventos perigosos, e que muitas vezes implica na adoção de sistemas de proteção redundantes ou diversos. Um grande exemplo para este caso é vazamento de MIC em Bhopal.

- Proteção contra a lei de Murphy - “Tudo o que pode acontecer, acontece”; e o corolário de O’Toole - “Se hoje foi ruim, amanhã será pior”.
- É uma posição socialmente responsável de se tomar.
- Poderia eventualmente ir de encontro com a política corporativa da companhia e se mostrar favorável ao fortalecimento de sua imagem.
- Poderia se constituir num crédito útil, reduzir conflitos com as autoridades competentes e facilitar a aprovação de uma licença de instalação ou operação; especialmente quando se tratar de uma instalação muito perigosa.

## Restrições e Custos

Processos e plantas extrinsecamente seguros prevalecerão onde eles se mostrarem mais econômicos e eficazes do que alternativas intrinsecamente mais seguras. Entretanto, devemos estar certos da aceitabilidade das medidas extrínsecas adotadas, o que pode ser verificado mediante um estudo quantitativo. O desejo por produtos muito específicos pode limitar o escopo pela substituição de alternativas. Alternativas que podem parecer intrinsecamente mais seguras podem originar perigos por outras vias. Por exemplo: usar hipoclorito de sódio ao invés de cloro gasoso para o tratamento de piscinas elimina a estocagem de cloro gasoso liquefeito, mas ainda assim podem ocorrer emissões de cloro devido a erros durante a mistura.

Fatores conflitantes surgem freqüentemente. Por exemplo: a faixa de inflamabilidade do H<sub>2</sub> pode ser reduzido adicionando-se CH<sub>4</sub>, mas o inventário total de produto inflamável aumenta. Estocagem de amônia a pressão alta e inventário pequeno; ou estocagem de NH<sub>3</sub> a pressão baixa e inventário grande são ambas mais seguras do que esferas com inventário médio a pressão média.

Normalmente, as diretrizes básicas atrás de qualquer projeto devem possibilitar uma

unidade fabril que seja capaz de fabricar um produto adequado, com um custo baixo, e de forma segura. A abordagem tradicional tem sido otimizar o processo e então agregar medidas de controle que tenham sido identificadas. Até então, nenhuma abordagem relativa à segurança intrínseca do projeto foi considerada.

Entretanto, aplicar segurança intrínseca e fazer otimização do processo podem ser atividades sinérgicas. É interessante observar que o incentivo principal para intensificação é reduzir as dimensões dos equipamentos e seus itens auxiliares. Contudo, a conseqüente redução no inventário melhora a segurança intrínseca da planta. De forma similar, benefícios econômicos podem ser obtidos através de projeto com relação aos outros pontos chaves da segurança intrínseca. Por exemplo: materiais mais seguros ou tornados mais seguros por meio de atenuação podem ser mais baratos de manusear, plantas mais simples normalmente são mais baratas de se construir.

Através dos princípios de um projeto intrinsecamente seguro pode-se reduzir o custo de projeto, da construção e também da operação e manutenção da planta; dado que será necessário um número menor de equipamentos agregados para controlar perigos. Entretanto, o benefício econômico de se escolher uma rota intrinsecamente segura pode não ser aparente, porque todos os métodos de estimativa de custos assumem que a planta tem um nível tradicional de segurança intrínseca e incluem um complemento padrão de sistemas de proteção.

## Estudo de Caso

Consideremos o caso de uma unidade de química fina para produção de corantes, na qual uma das matérias-primas utilizadas é piridina. Nas unidades já existentes, o inventário tradicional de piridina seria suficiente para 2 meses de operação, o que representa cerca de 270 m<sup>3</sup> de produto estocado. A base de projeto que levou a adoção deste inventário foi baseado em alguns

fatores históricos, a saber: distância entre a unidade e os fornecedores tradicionais, greves no setor portuário e oscilações excessivas nos setores consumidores.

Por outro lado, durante a fase de planejamento de uma nova unidade, de capacidade similar, em outro país, a equipe responsável pelo projeto foi solicitada a aplicar segurança intrínseca, tendo em vista a nova política corporativa da empresa. A grande mudança foi que, ao invés de conviver com uma tancagem de piridina e todos os perigos correlatos, podendo inclusive culminar em eventos perigosos que poderiam destruir a unidade inteira; passou-se a usar piridina numa base “just-in-time”, sendo que a carga de piridina para cada reação deveria chegar na unidade cerca de 2 horas antes de se iniciar cada reação. Isto foi possível graças à localização da nova planta e sua proximidade com a empresa fornecedora.

Além do benefício evidente de aumentar a segurança da unidade, esta medida possibilitou vantagens tanto no que tange ao capital requerido para o projeto como no custo operacional. Por um lado eliminou-se os tanques de estocagem, uma série de periféricos e vários sistemas de proteção. Pela própria natureza do produto, esta área de tancagem seria classificada como zona 0 ou 1 em vários pontos, o que logicamente tem suas repercussões no custo da instalação elétrica. Por outro, eliminou-se uma série de procedimentos de operação, manutenção e segurança. Além do que, o custo operacional foi também reduzido pela não necessidade de se estocar um produto de valor relativamente alto.

Este é um caso típico de aplicação do princípio de intensificação, que além de resolver o problema de segurança na tancagem de forma intrínseca, através da sua própria eliminação, contribuiu para a redução do custos operacionais e de capital da unidade em questão.

Nos setores de óleo & gás e petroquímico tradicionais, o custo financeiro de matérias-primas estocadas tem um impacto significativo na composição de custo dos produtos finais - normalmente acima de 35 %, já que o valor final destes produtos é normalmente baixo. Dessa forma, segurança intrínseca parece ser mais uma ferramenta a ser levada em consideração no planejamento de novas unidades.

## **Autor :**

**P. E. Pascon**, Eng. Químico, faz parte da equipe profissional **da Processos - Soluções de Engenharia**, empresa especializada nas disciplinas de segurança de processos, prevenção de perdas e proteção ambiental ([www.processos.eng.br](http://www.processos.eng.br)).

## **Referências :**

1. Kletz, T.A., 1978, “What You Don’t Have, Can’t Leak”, Chemistry and Industry Jubilee Lecture, Chemistry and Industry, London, U.K.;
2. Kletz, T.A., 1985, “Cheaper, Safer Plants”, Loss Prevention Hazard Workshop Modules, IChemE, Rugby, U.K.;
3. AEA / HSE, 1991, “Inherently Safer Project Document”, Notes of the One Day Symposium, Bootle, U.K..