

TECNOLOGIAS LIMPAS E SEGURAS: UM DIREITO EXIGIDO PELA SOCIEDADE

RENATA JOGAIB MAINIER

rmainier@nitnet.com.br

UFF

FERNANDO B. MAINIER

mainier@nitnet.com.br

UFF

VICENTINA LUCIA DA SILVA CARDOSO

tina@vm.uff.br

UFF

Resumo: Nesses últimos dez anos a sociedade industrial tem se deparado com os acidentes químicos nos mais diversos segmentos industriais. Os acidentes químicos são amplamente definidos como a liberação descontrolada de uma quantidade significativa de materiais tóxicos, explosivos ou inflamáveis para o ambiente durante a produção, armazenamento, operação, transporte ou descarte de efluentes. Geralmente, são decorrentes de fatores internos como falhas de materiais/equipamentos, falhas operacionais ou erros humanos enquanto os fatores externos são atribuídos aos desastres naturais ou atos de vandalismo, sabotagens, etc. Este trabalho tem por objetivo demonstrar a importância da formação da consciência técnica crítica na procura e no objetivo de formular tecnologias limpas que não venham na contramão dos interesses da sociedade, centradas principalmente na redução dos acidentes industriais, no ciclo de vida, na preservação ambiental e na redução do consumo de energia

Palavras Chave: Tecnologia Limpa - Acidente Industrial - Processo industrial - Desastres -

1. INTRODUÇÃO

O futuro da nova revolução industrial ambientalmente viável, fatalmente, passará pelo controle e descoberta de novas formas de produção baseada na relação funcional e direta de produzir menos contaminantes e consumir menos energia. As pesquisas, provavelmente, decretarão a falência dos processos tradicionais baseados nos programas de simulação e controle de processos. Novas rotas industriais irão caminhar na substituição, na transformação de equipamentos, materiais e na reutilização e/ou no reprocessamento de materiais, equipamentos e processos, por outros similares com características exequíveis, ainda que resultem em custos mais onerosos. Não se tem certeza que tais projetivas resultem em benefícios, pois, o futuro é sempre uma incógnita.

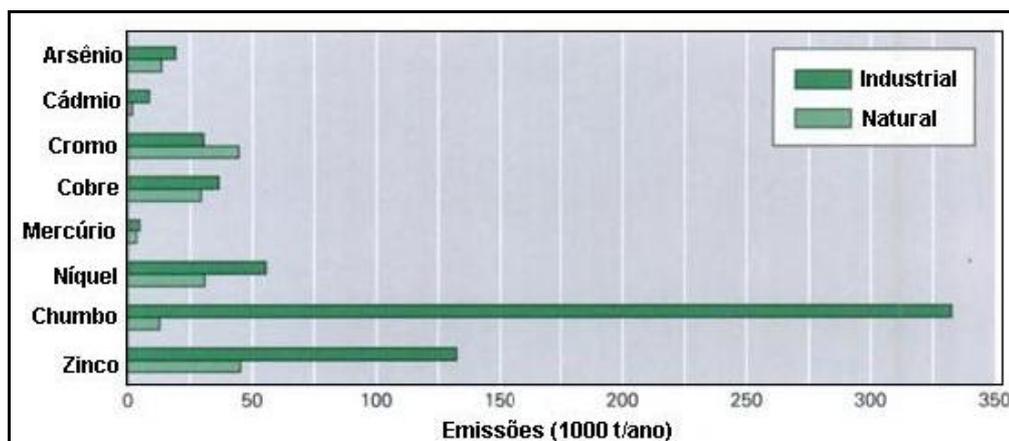
É provável que sejam intangíveis para um futuro próximo, sem contar que, às portas do limiar do século XXI, pouco se fez e quase nada se acena numa época em que os fenômenos físico-químicos climáticos estão a eclodir sem fronteiras, sem barreiras, sem normas específicas, desafiando o próprio destino da humanidade, à beira de um colapso ecológico diante dos vários acidentes industriais que têm ocorrido nos processamentos químicos e/ou metalúrgicos.

Na ótica de Duarte (2002) o acidente pode ser considerado como um evento indesejável, fortuito que, direta ou indiretamente, acaba gerando problemas à integridade física e mental das pessoas, ao meio ambiente, ao patrimônio, podendo ser restrito, de grande porte e pode ser mensurado, quantitativamente, pelas perdas e danos causados. Ainda, segundo Duarte (2002) grande parte dos acidentes ocorrem por falhas humanas e de equipamentos, falhas essas que deveriam ser controladas por diretrizes gerenciais, procedimentos, normas e programas de inspeções e manutenções preventivas.

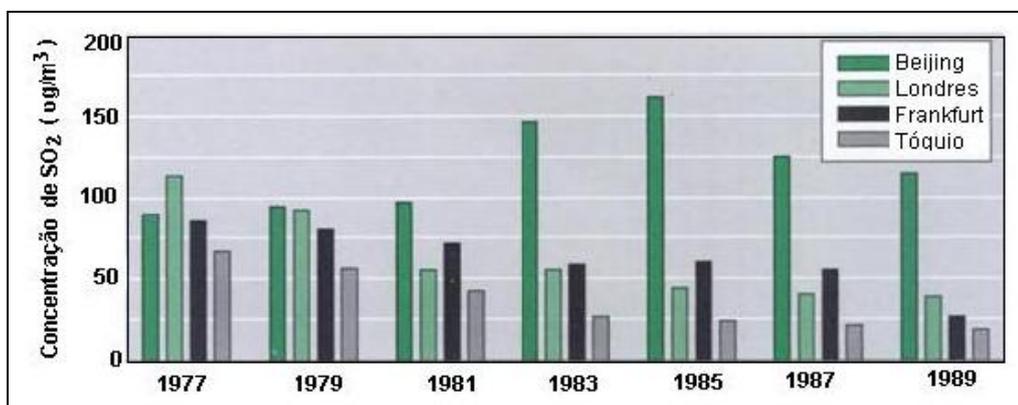
De acordo com as pesquisas realizadas por Tolba (1992) no período compreendido entre 1970-1990 ocorreram cerca de 180 acidentes industriais graves, que resultaram em 8.000 mortes e 20.000 feridos. Entre eles, pode ser citada a explosão ocorrida em 10 de julho de 1976, na fábrica de produtos químicos localizada em Seveso, na Itália, afetando cerca de 37.000 pessoas e infectando uma área de 1800 hectares, que ficou sob vigilância durante seis anos. Não ocorreram mortes, contudo, entre os produtos químicos encontrados haviam dois quilogramas de dioxina, um produto extremamente tóxico que poderia ocasionar danos ambientais de proporções não avaliáveis.

Um dos mais famosos e mais constrangedor acidente industrial que já ocorreu na sociedade tecnológica foi o de Bhopal, na Índia, em dezembro de 1984, na fábrica de produtos químicos da Union Carbide onde morreram mais de 3.000 pessoas e cerca de 20.000 pessoas que viviam nas circunvizinhanças do complexo industrial tiveram problemas oftalmológicos e respiratórios. Cerca de 30 toneladas de isocianato de metila, produto extremamente tóxico, usado na fabricação de agrotóxicos vazaram, repentinamente, na calada da noite chegando a casa dos habitantes que moravam nas redondezas (TOLBA, 1992; JASANOFF, 1994).

Entretanto, passado tanto tempo ainda, são, inúmeros os acidentes que ocorrem nos complexos industriais afetando, direta e indiretamente, as populações que vivem nas suas circunvizinhanças. Por outro lado, os níveis de contaminações tanto de metais tóxicos como de dióxido de enxofre (SO₂) lançados, diariamente, no meio ambiente, apresentados, a seguir, nas Figura 1 e 2, são sempre os rastros deixados pelos complexos industriais contaminando a sociedade. Valores superiores a faixa de 40-60 µg/m³ de SO₂ aumentam os riscos as doenças respiratórias e oftalmológicas.



Fonte: Tolba & El-Kholy, 1992, modificado (tradução).
Figura 1 – Metais (pesados) tóxicos presentes no ar atmosférico



Fonte: Tolba & El-Kholy, 1992, modificado (tradução).
Figura 2 – Concentrações de SO₂ (µg/m³) em quatro cidades

Os grandes complexos fabris e os países industrializados estão cada vez mais se tornando cúmplices de uma política de interesses próprios e sistêmicos, estando em várias situações na contramão dos interesses da sociedade, agravando os acidentes, as mortes e as contaminações com consequências, diretas e indiretas, na saúde pública das populações.

2. OBJETIVOS

Este trabalho tem por objetivo demonstrar a importância da formação da consciência técnica crítica na procura e no objetivo de formular tecnologias limpas que não venham na contramão dos interesses da sociedade, centradas na redução dos acidentes industriais, no ciclo de vida, na preservação ambiental e na redução do consumo de energia.

3. METODOLOGIA

O desenvolvimento do presente artigo foi realizado a partir de pesquisa bibliográfica exploratória, elaborada a partir de livros, artigos de periódicos, tutoriais, Legislação e Normas Nacionais e internacionais, cujas fontes de consulta incluem as páginas eletrônicas confiáveis visando apresentar uma série de acidentes ocorridos no mundo e mostrar as premissas de tecnologias mais limpas apoiadas na redução de contaminantes lançados no meio ambiente.

4. ACIDENTES INDUSTRIAIS

Segundo He et al. (2011) os acidentes químicos perigosos são amplamente definidos como a liberação descontrolada de uma quantidade significativa de materiais tóxicos, explosivos ou inflamáveis para o ambiente durante a produção, armazenamento, operação, transporte ou descarte de efluentes. Geralmente, são decorrentes de fatores internos como falhas de materiais/equipamentos, falhas operacionais ou erros humanos enquanto os fatores externos são atribuídos aos desastres naturais ou atos de vandalismo, sabotagens, etc.

Os métodos de avaliação de riscos, refletindo a tendência para prever, planejar e alertar quanto aos riscos industriais, seriam mais eficazes se fosse possível prever todas as possibilidades dos eventos e mais rigorosas e fundamentadas fossem as premissas e os critérios de análise.

Na visão de Duarte (2002) os acidentes que proporcionam um aprendizado significativo são os mais traumáticos para o ambiente de trabalho, principalmente, quando ocorrem com vítimas fatais e também aqueles que afetam, drasticamente, as populações que rodeiam as instalações industriais.

A seguir, são apresentados uma série de acidentes que ocorreram com vazamentos de gás tóxico para atmosfera divulgados pela mídia nesses últimos dez anos.

A) Ammonia pipe explosion downs 90 in Zamboanga City (Explosão em tubulação de amônia deixa 90 pessoas hospitalizadas na cidade de Zamboanga).

A polícia disse que o duto de amônia que explodiu na cidade de Zamboanga, Filipinas, provavelmente, foi atingido por um disco rígido de uma máquina rotativa operado por um trabalhador e conseqüentemente formando uma fissura ou trinca na superfície do tubo. A partir desse ponto ocorreu a explosão e o forte vazamento de amônia ocasionou a hospitalização de cerca de 90 pessoas. O gás amoníaco (NH_3) tem cheiro muito forte e pode comprometer o sistema respiratório das pessoas (**Fonte: The Mindanao Examiner, 01/03/2012**).

A Figura 3, a seguir apresenta a remoção de pessoas afetadas pelo gás amoníaco para o hospital público.



Fonte: www.thecomingcrisis.com

Figura 3 – Transporte de pessoa afetada pelo NH_3 para o hospital



B) Vazamento de gás tóxico em frigorífico de Bataguassu (MS) matou quatro pessoas na manhã de hoje.

O vazamento de um gás tóxico registrado nesta manhã (31 de fevereiro 2012), no curtiço do Frigorífico Marfrig, em Bataguassu matou quatro pessoas que trabalhavam no local. O gás que seria Cloramin altamente tóxico começou a vazar e contaminou cerca de 50 pessoas. Inicialmente as vítimas foram encaminhadas para a Santa Casa de Bataguassu. De acordo com informações do comandante do Corpo de Bombeiros, coronel Ociel Ortiz, quatro pessoas morreram ao chegar ao hospital da cidade e quatro estariam em estado grave e foram encaminhados para hospitais em Três Lagoas e Presidente Prudente. O coronel informou que a rodovia BR 267 está interditada, pois o gás pode ser inalado pelos motoristas. O frigorífico fica às margens da BR. Segundo o coronel o gás continuou vazando e não conseguiram conter o vazamento (Fonte: **Correio do Estado (MS)**, 31/02/2012).

C) Toxic gas leaks from Shanghai chemical plant (Gás tóxico vaza de uma planta petroquímica em Xangai).

Ontem à tarde, grandes fumaças tóxicas amareladas de NO e NO₂ vazaram de uma torre de produção de ácido nítrico (HNO₃) em planta petroquímica em Xangai. Segundo fontes da Empresa as medidas de segurança foram imediatamente tomadas, pois, os gases podem irritar os pulmões e afetar a resistência às doenças respiratórias. Não houve vítimas nesse evento, entretanto, provavelmente, os habitantes das redondezas da fábrica foram afetados pelo vazamento dos gases nítricos. A Empresa foi multada em cerca de 31.000 dólares (Fonte: **Shanghai Daily**, 28/09/2011, <http://www.china.org.cn>).

D) Huge Toxic Gas Leak In Russian City (Enorme vazamento de gás tóxico na cidade russa)

Na cidade russa de Chelyabinsk ocorreu um violento vazamento de gás bromo (Br₂) durante o transporte por trem. O gás estava sendo transportado em recipientes de vidro quando ocorreu a quebra. O bromo é um gás extremamente tóxico capaz de afetar e causar danos irreparáveis nos rins e no cérebro. Não foi explicado o uso desse gás e o transporte em recipientes de vidro (Fonte: **Business Insider**, 2/09/2011, <http://www.businessinsider.com>).

E) Gas Leak in Bulgaria's Debelets Town Stirs Panic (vazamento de gás tóxico causa pânico em Debelets, Bulgária)

Nesta segunda-feira, mais de duas e trezentas mil pessoas residentes nas emediações do acidente foram evacuadas do centro da Bulgária quando um caminhão tanque, de nacionalidade turca, carregado de estireno, tombou numa estrada perto da cidade de Debelets. A nuvem tóxica que se formou na cidade obrigou a evacuação rápida em função da toxidez do estireno. O estireno era destinado a uma fábrica de plástico (Fonte: **Ivanov, I**, <http://www.standartnews.com/>, 12/07/2011).

A foto apresentada na Figura 4, a seguir, mostra a ação de bombeiros trabalhando no carro-tanque acidentado carregado de estireno.



Fonte: www.standartnews.com

Figura 4 - Ação de bombeiros lança espuma no carro-tanque acidentado carregado de estireno

F) Alagoas: Braskem para fábrica de cloro e tenta descobrir causas de acidentes

Na noite de sábado, moradores de uma comunidade no Trapiche, situada próximo à indústria, ouviram sons de explosões seguidos por um forte cheiro de gás. Houve vazamento de cloro, que gerou pânico na população. O serviço de remoção (SAMU) foi acionado e 130 pessoas, entre adultos e crianças, tiveram de receber atendimento médico em hospitais, com sintomas de intoxicação respiratória. Todos relataram ter falta de ar, mal-estar, vômito, desmaios, tosse e cansaço. Moradores disseram que alguns dos intoxicados teriam vomitado sangue. A Braskem informou por meio de nota, que a Unidade Cloro-Soda, em Maceió, Alagoas, permanece desativada por decisão da companhia e que nenhum outro vazamento foi detectado desde o primeiro evento. A empresa afirmou que prossegue com o trabalho de identificação das causas dos eventos e que está colaborando com as autoridades competentes para esclarecer os dois acidentes registrados desde sábado. Fonte: **O Globo, 24/05/2011**).

G) Toxic Gas Leak Kills Three in Uttar Pradesh (Gás tóxico mata 3 pessoas em Uttar Pradesh)

Três pessoas morreram enquanto outras 12 pessoas foram hospitalizadas após o vazamento de gás tóxico desconhecido proveniente de uma fábrica de produtos químicos localizada no distrito de Hardoi, Uttar Pradesh, Índia (Fonte: **Indian Health News, 30/01/2011**).

H) Poison gas leak kills DuPont worker (Vazamento de gás tóxico mata trabalhador na DuPont).

Um trabalhador pertencente a fábrica da DuPont, localizada em Charleston (West Virginia), Estados Unidos, morreu depois de sido atingido no rosto por uma descarga de gás tóxico e inflamável de cloreto de metila utilizado na fabricação de herbicida e comercializado com o nome de VELPAR. Sete horas depois, outro operário da produção de poliuretana também morreu no hospital após ser atingido por uma descarga de fosgênio, gás extremamente tóxico e corrosivo (Fonte: **Naturalnews.com, 4/06/2010**).



A Figura 5, a seguir, mostra a fábrica da Du Pont localizada em Charleston (West Virginia), Estados Unidos onde ocorreu os vazamentos de gases tóxicos.



Fonte: Naturalnews.com, 4/06/2010

Figura 5 – Fábrica da Du Pont localizada em Charleston

I) Four in hospital after toxic gas leak (Quatro pessoas são atendidas no hospital por vazamento de gás tóxico).

Um grave acidente com vazamento de tetracloreto de titânio ($TiCl_4$) usado no processamento industrial de uma fábrica de produtos de titânio localizada na Inglaterra, nas proximidades do rio Humber, intoxicou e queimou quatro operários que trabalhavam no momento do acidente. Informações da Empresa (**Cristal Global**) dizem que o acidente foi controlado e não aconteceram problemas com os habitantes que moram nas redondezas da fábrica (Fonte: **The Independent**, 05/03/2010).

J) 4.000 evacuated after toxic gas leak in Columbus (4.000 trabalhadores são evacuados em Columbus após um vazamento de gás tóxico).

Um vazamento de sulfeto de hidrogênio (H_2S), um gás extremamente tóxico, vazou em uma usina de reciclagem de óleo lubrificante usado, localizada em Ohio, Columbus, Estados Unidos, resultando na evacuação de 4.000 pessoas que trabalhavam na fábrica, bem como, nas pessoas que estavam nos estabelecimentos comerciais nas áreas circundantes a usina de tratamento de óleo usado. De acordo com uma declaração dada pelo diretor financeiro da empresa, o vazamento de sulfeto de hidrogênio ocorreu devido a uma queda de energia que causou, indiretamente, a ruptura de uma gaxeta de uma bomba. Os problemas de vazamentos ocorreram quando o processo foi reiniciado (Fonte: **Justice News Flash.com**, 14/12/2009).

As fotos apresentadas, a seguir, a Figura 6 mostram os aspectos da planta industrial no momento do vazamento do gás tóxico;



Fontes: Justice News Flash.com; www.ohiocitizen.org; www.nbc4i.com;

Figura 6 – Aspectos do vazamento de H₂S na refinaria de óleos lubrificantes usados

K) Lanzhou successfully handles chemical leak (Êxito no vazamento de amônia em Lanzhou, China)

Na quinta-feira, 28 de fevereiro de 2008, ocorreu um vazamento de amônia em carros tanques com 20 toneladas de amônia líquida que poderia explodir e causar grandes contaminações ambientais na cidade de Lanzhou, China. O plano de emergencia foi executado evacuando cerca de 1200 pessoas das localidades próximas a estação de tratamento e fazendo o resfriamento rápido dos carros-tanques contendo amônia líquida evitaram o sinistro (Fonte: **Lanzhou Morning Post, 28/02/2008**).

As fotos apresentadas na Figura 7 mostram o resfriamento com água dos carros-tanques contendo amônia líquida.



Fonte: Lanzhou Morning Post, China

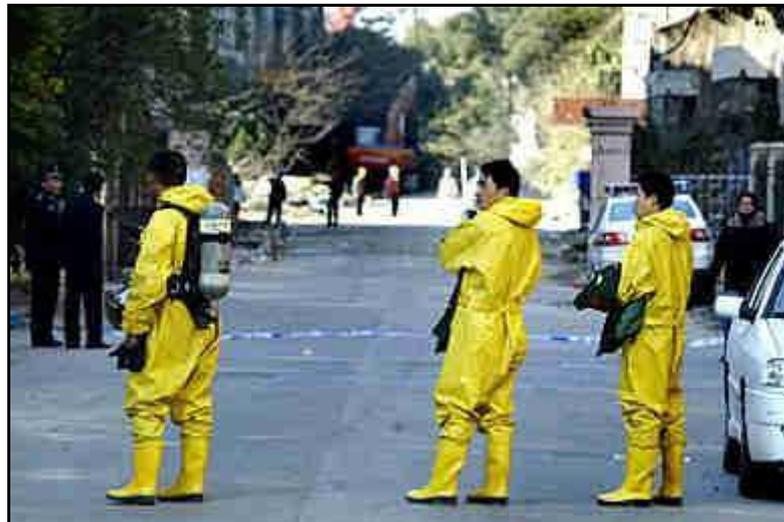
Figura 7 – Resfriamento de carros-tanques de amônia líquida



L)Chlorine Leak Poisons 59 Workers in Shanghai (Vazamento de gás cloro em Shanhai (Xangai) deixa contamina 59 trabalhadores)

Em 12 de março de 2007, vazamentos de gás cloro (Cl_2) provenientes de cilindros pressurizados de cloro líquido, estocados em uma fábrica desativada de produtos químicos, localizada no cais junto ao rio Huangpu, vitimou um grupo de 59 trabalhadores que estavam desmontando equipamentos antigos. Os trabalhadores foram rapidamente levados aos hospitais com problemas respiratórios e oftalmológicos. Oito trabalhadores foram internados com lesões relativamente graves segundo fontes do hospital (Fonte: **Xinhua News Agency, 12/03/2007**).

A foto na Figura 8, a seguir, mostra a ação de bombeiros na operação na fábrica desativada onde ocorreu vazamento de cloro na fábrica desativada.



Fonte: Xinhua News Agency

Figura 8 – Equipe de bombeiros no vazamento de cloro

M)40,000 Chinese Evacuated From Explosion 'Death Zone' (Zona da Morte: 40.000 chineses são evacuados devido a explosão)

Neste sábado, 27 de dezembro de 2003, perto da cidade de Gaoqiao, no Condado de Kaixian, na China, equipes de resgate continuaram a procurar sobreviventes e mais corpos depois que a nuvem tóxica, constituída de metano (CH_4) e com altos teores sulfeto de hidrogênio (H_2S), proveniente de uma explosão de um poço de gás natural se dispersou nas cercanias da cidade obrigando a evacuação de cerca de 40.000 habitantes. Crianças e idosos morreram devido à passagem da nuvem tóxica. Algumas fontes relataram mais de 100 mortos. (Fonte: **YARDLEY, 2003, 27/12/2003**)



N)Georgia-Pacific Hydrogen Sulfide Release (Liberação de sulfeto de hidrogênio nas instalações da Georgia-Pacific)

Em 16 de janeiro de 2002 dois trabalhadores foram mortos e oito feridos quando foram expostos ao vazamento de sulfeto de hidrogênio nas instalações do Moinho Georgia-Pacific Naheola, localizada em Pennington, Alabama. A solução de sulfeto ácido de sódio (NaSH) é entregue, diariamente, por caminhões tanques. Nas vinte quatro horas anteriores 15 caminhões tinham descarregado o produto. Constatou-se, posteriormente, que vazaram para o esgoto industrial cerca de 20 litros de cada caminhão. Por um erro operacional foi lançado ácido sulfúrico ao NaSH retido no esgoto o que resultou com a mudança de pH na evolução rápida de sulfeto de hidrogênio. Três trabalhadores desmaiaram com a evolução do gás enquanto os outros tentavam retirar as vítimas, infelizmente, os trabalhadores próximos ao caminhão tanque morreram instantaneamente. A Figura 74, a seguir, mostrando onde ocorreu o vazamento de sulfeto de hidrogênio (Fonte: **CBS – U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board, 16/01/2002**)

As fotos na Figura 9, a seguir, apresentam os caminhões-tanques próximo ao vazamento de H₂S.



Fonte: CBS – U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board

Figura 8- Vista dos caminhões-tanques próximo ao vazamento de sulfeto de hidrogênio.

5. AS TECNOLOGIA LIMPAS

Com base na descrição dos vários acidentes industriais químicos que têm ocorrido no mundo nesses últimos anos cabe uma indagação crítica aos gerentes, aos planejadores de indústrias, aos pesquisadores, aos professores, etc.:

- é possível fazer produtos químicos que efetivamente a sociedade precisa sem transtornar o ambiente, sem produzir novos subprodutos indesejáveis e com reduções significativas das fontes de matéria-prima e da energia necessária aos processamentos industriais e com uma margem de segurança industrial que não comprometa a vida e a saúde dos trabalhadores e os habitantes das redondezas?

Acredita-se que do mesmo jeito que o homem construiu as tecnologias atuais, também é possível mudar a direção das principais tecnologias tradicionais de produção de bens tornando-as mais direcionadas as atuais diretivas da sociedade.

Na visão crítica as tecnologias limpas ou mais corretas devem se destacar das tecnologias tradicionais conhecidas quando atendem as premissas de sustentabilidade que envolvem em todos os sentidos o homem, o ambiente, a saúde pública, a segurança do trabalhador, o respeito e a segurança dos habitantes que circundam os complexos industriais, metodologias que reduzam o consumo energia e programas que atendam as novas filosofias de reuso, reutilização de matérias-primas visando a redução dos efluentes gerados.

Acredita-se que os que os tratamentos ou processamentos de efluentes devem ser realizados na própria fonte geradora da poluição, pois o que se tem observado normalmente é um grande esforço acompanhado de um elevado custo de tratamento, para recuperar o sistema final contaminado quando na verdade, a maioria das análises mostra que se deve cuidar do efluente contaminante na sua origem e não final do processo (end-of-pipe).

De acordo com Berkel (2007) é fundamental o atrelamento do desenvolvimento econômico as premissas impostas pela sustentabilidade ambiental e social. O cenário da sustentabilidade ambiental industrial é aclarado quando são usados desde os fundamentos de sistemas ecológicos as práticas operacionais e métricas, normalmente, utilizadas na empresa. A eco-eficiência da produção de produtos químicos pode ser definida com base na matéria-prima, no processo de concepção, na melhoria contínua do processo industrial, na manutenção, na segurança, na reutilização e na reciclagem e associado aos seguintes temas: eficiência de recursos, emissão de gases de efeito estufa, uso de energia limpa, redução e tratamento de águas e o impacto ambiental dos resíduos.

Segundo Azapagic (1999), historicamente, a avaliação do ciclo de vida (ACV) ou Life Cycle Assessment (LCA) foi primeiramente aplicada aos produtos, no entanto, com o desenvolvimento desta técnica o longo do tempo tem sido, normalmente, usada para avaliar os processos industriais, quantificando as intervenções ambientais e avaliando as opções de melhoria e de sustentabilidade em todo o ciclo de vida de produto-processo.

A literatura tem mostrado uma série de estudos de casos indicando que a análise de ciclo de vida deve estar suportada em considerações de sustentabilidade ambiental, incluindo estudos sobre lançamentos indiretos de cargas poluidoras nos sistemas ambientais, avaliação das matérias-primas e a eliminação de resíduos.

Ainda de acordo com base nos Manuais de Manuais de Produção Mais Limpa, (SENAI-RS, 2003) o significado de produção mais limpa deve estar atrelado a aplicação de uma estratégia econômica, ambiental e técnica, integrada aos processos e produtos, visando aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, água e energia, através da não geração, minimização ou da reciclagem dos resíduos gerados, com benefícios ambientais e econômicos para os processos produtivos.

Trabalhos propostos por Seiffert (2009) também são destacados a importância de implantar a filosofia das tecnologias mais limpas na redução de poluentes como uma preocupação fundamental das empresas que pensam e se organizam para o presente e o futuro.

Visando responder ao questionamento inicial de construir os complexos industriais químicos, petroquímicos ou metalúrgicos baseados nos princípios fundamentais da atualidade, não priorizando uma determinada ordem de critérios, mas, deixando que os processos sejam construídos com base no bom senso, inovações e nas políticas locais, nacionais ou internacionais, desde que sejam, imperativamente, atendidos ou baseados nos seguintes pontos:



- sustentabilidade econômica, ambiental e social;
- redução, reúso, tratamentos ou eliminação de resíduos,
- redução ou otimização de energia gasta no processo industrial;
- qualidade dos produtos em relação as possíveis contaminações com substâncias tóxicas;
- garantia da qualidade de vida dos trabalhadores e de seus descendentes com base em estudos químicos, bioquímicos e toxicológicos das substâncias usadas no processamento industrial;
- avaliação e comprometimento de uma gestão participativa sobre desastres industriais com os habitantes que moram nas redondezas das unidades fabris, incluído a evacuação;
- segurança pessoal e segurança patrimonial englobando os equipamentos, instrumentação, as utilidades industriais e as tecnologias de processo.

6. CONCLUSÕES

Diante dos fatos expostos, conclui-se da necessidade de:

- articular a integração dos órgãos ambientais, de saúde pública, de segurança e de industrialização com a Sociedade Organizada no sentido de estabelecer normas e procedimentos, visando garantir uma real qualidade de vida;
- reavaliar e reestruturar os projetos industriais de tal forma que os efeitos ambientais, sociais, econômicos e políticos sejam identificados na fase de planejamento do projeto, antes que as decisões de implantações sejam adotadas;
- reduzir o espaço de geração e armazenamento de produtos químicos que possam comprometer a segurança do empreendimento;
- propor pesquisas onde a inovação voltada para o aproveitamento e o reúso de produtos químicos com vista à redução significativa no descarte de efluentes;
- aclarar e discutir intensamente nos cursos de engenharia os cenários que os acidentes químicos promovem e causam tantos transtornos à sociedade;
- desenvolver uma consciência técnica crítica, que deve ser construída na sociedade, principalmente, na Universidade, visando o entendimento das rotas de fabricação dos produtos e dos contaminantes gerados e/ou agregados durante o processamento industrial, com vista à preservação ambiental.



7. REFERÊNCIAS

DUARTE, M., Riscos industriais. Etapas para a investigação e a prevenção de acidentes, Rio de Janeiro: FUNENSEG, 2002.

HE, G., ZHANG, L., LU, Y., MOL, A. P. J. Managing major chemical accidents in China: Towards effective risk information, *Journal of Hazardous Materials*, 187, 2011, p.171–181.

JASANOFF, S. Learning from disaster: risk management after Bhopal, University of Pennsylvania, Press, 1994.

TOLBA, M. K., EL-KHOLY, O., World environment 1972-1992: two decades of challenge, London; Chapman and Hall; 1992, 893p.

TOLBA, M. K., Saving our planet: challenges and hopes, London, Chapman & Hall, 1992.

AZAPAGIC, A., Life cycle assessment and its application to process selection, design and optimization, *Chemical Engineering Journal*, 73, 1999, p. 1-21.

BERKEL, R. V., Eco-efficiency in primary metals production: Context, perspectives and methods, *Resources, Conservation and recycling*, 51, 2007, p.511–540.

SEIFFERT, M. E. B., Gestão Ambiental – Instrumentos, esferas de ação e educação ambiental. São Paulo: Atlas, 2009.

SENAI-RS, Questões Ambientais e produção mais limpa. Porto Alegre, UNIDO, UNEP, Centro Nacional de Tecnologias Limpas, (Série Manuais de Produção mais Limpa), 2003. 126 p.