

ALTERNATIVAS DE MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE FUNDIÇÃO**Stelvia Vigolvino Matos⁽¹⁾**

Engenheira Química. Mestre pelo Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos - EESC - USP.

Valdir Schalch

Engenheiro Químico. Professor Doutor do Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos - EESC-USP.

Endereço⁽¹⁾: Escola de Engenharia de São Carlos - USP - Departamento de Hidráulica e Saneamento. Av. Dr. Carlos Botelho, 1465 - São Carlos - SP - CEP: 13560-550 - Brasil - Tel.: (016)274-9264 - Fax: (016) 274-9212 - e-mail: stelvia@sc.usp.br.

**RESUMO**

Os resíduos sólidos industriais são um dos muitos problemas decorrentes da era do industrialismo que continuam sem solução. Dado o rápido desenvolvimento industrial que acompanha o avanço tecnológico, tais resíduos têm sido até hoje um dos maiores responsáveis pela degradação ambiental. A fabricação de peças metálicas através do processo de fundição gera vários tipos de poluição e por isso tem enfrentado grandes problemas ambientais. Em face ao progressivo aumento nos custos de disposição adequada e o baixo desempenho ambiental das medidas, até agora, centradas no controle de poluentes já existentes, as indústrias de fundição, a exemplo de outros ramos industriais, têm direcionado seus esforços no desenvolvimento de soluções mais efetivas. A minimização de resíduos faz parte de um novo conceito de gerenciamento de resíduos baseado numa sistemática de medidas que visam, em primeiro lugar, reduzir ao máximo possível a quantidade de resíduos a ser tratada ou disposta. Seus esforços possuem uma estrutura de ação fundamentada na prevenção e reciclagem de resíduos. Baseado num procedimento de avaliação de oportunidades de minimização, este trabalho indica alternativas de minimização de resíduos sólidos, líquidos e gasosos gerados no processo industrial de fundição de metais, bem como alguns aspectos ambientais, técnicos e econômicos que norteiam a implementação das opções relacionadas.

PALAVRAS-CHAVE: Minimização de Resíduos, Resíduos Sólidos Industriais, Resíduos de Fundição, Prevenção de Poluentes.

INTRODUÇÃO

Diante do reconhecimento por parte das organizações, da necessidade de controlar e melhorar seu desempenho ambiental, o enfoque das questões ambientais passaram do controle para a prevenção de poluição. A minimização de resíduos faz parte de um novo conceito de gerenciamento que possui uma estrutura de ação fundamentada na sua prevenção e reciclagem. Essa nova postura tem se mostrado mais efetiva para combater o aumento da degradação do meio ambiente, bem como para atender a normas ambientais, além de melhorar a imagem pública de um governo ou de uma empresa e reduzir desperdícios financeiros. Um programa de gerenciamento efetivo abrange, além dos aspectos tecnológicos, os aspectos educacionais, políticos e legais. Somente considerando todos os itens envolvidos na problemática, é que se pode garantir seu sucesso e continuidade.

Assim sendo, o estudo de alternativas de minimização na indústria de fundição inclui todas as atividades que reduzam ou eliminem poluentes do ambiente, exigindo, entre outros fatores, uma nova abordagem de projeto e monitoramento do processo industrial.

Este trabalho tem por objetivos, utilizando a sistemática de avaliação de oportunidades de redução de poluentes, indicar alternativas de minimização de resíduos sólidos, líquidos e gasosos no processo industrial de fundição de metais, bem como os aspectos ambientais, técnicos e econômicos que norteiam a implantação das opções de minimização relacionadas.

Minimização de Resíduos Industriais: Conceitos e Definições

Segundo consta no Waste Minimization Opportunity Assessment Manual - WMOAM (1988), o programa de minimização de resíduos consiste num esforço sistematizado, compreensível e contínuo para redução da geração de poluentes. O procedimento de avaliação de alternativas de minimização desenvolvido por uma equipe multidisciplinar de centros de pesquisa, universidades e indústrias, coordenados pela Environmental Protection Agency - US EPA, tem como objetivo identificar caminhos para a redução ou eliminação de poluentes industriais, porém seu conceito pode ser aplicado a qualquer processo de produção.

De acordo com o WMOAM (1988), sua sistemática envolve um cuidadoso planejamento e determinação dos objetivos a serem alcançados, o estudo do processo de geração de resíduo com seleção das áreas específicas de aplicação do programa e elaboração de alternativas de minimização, uma avaliação da viabilidade das alternativas quanto aos aspectos técnico, ambiental e econômico, seleção das melhores opções e, por fim, a implementação. Uma contínua análise dos resultados é efetuada, a fim de avaliar o desempenho do programa no que se refere à concretização das metas traçadas no planejamento.

Este procedimento tem como objetivo fundamentar a concepção, o planejamento, o desenvolvimento, a implementação e a manutenção de tais sistemas, na medida em que cada etapa estabelece o que fazer e como fazer.

O caráter flexível do programa de minimização de resíduos permite que o mesmo seja implantado de diferentes maneiras, atendendo, assim, às características individuais de cada instalação industrial.

É comum encontrar-se outros termos para a minimização que encerram o mesmo conceito. São estes: prevenção de poluição, redução de resíduos, tecnologias limpas, tecnologias ambientais e tecnologia de baixo ou nenhum resíduo.

De acordo com a definição da US EPA, minimização de resíduos é a redução, tanto quanto possível, de resíduos gerados, tratados, estocados ou dispostos. Inclui qualquer atividade de redução na fonte, ou reciclagem nas quais o resíduo é submetido a operações que reduzam seu volume total ou sua toxicidade.

Técnicas e Tecnologias de Minimização de Resíduos

De acordo com FREEMAN (1990), muitos antigos manuais de operação contêm diversos métodos de redução, por meio de técnicas de otimização de processo, que são aplicados e discutidos até hoje. Isso mostra que muitas das técnicas utilizadas são bastante simples e não pertencem à classe das chamadas altas tecnologias. Ainda segundo o autor, de fato muitas indústrias concluíram que atitudes como simples mudanças operacionais, aumento do treinamento e melhoria do gerenciamento de inventários podem, significativamente, reduzir a taxa de geração de poluentes. Observa-se, portanto, que as técnicas de minimização englobam desde a mais simples mudança operacional até o restabelecimento do estado-da-arte de um equipamento.

O conceito de técnicas de minimização encerra um cuidadoso planejamento e desenvolvimento da utilização de técnicas e tecnologias disponíveis, de modo que dois itens chave sejam considerados: i) a não transferência do poluente de um meio para outro e ii) o atendimento às legislações ambientais. Dentro desse contexto, algumas técnicas, quando implementadas isoladamente, não constituem alternativas de minimização. Por exemplo, a menos que o material concentrado possa ser reciclado, a simples concentração não constitui uma técnica de redução de resíduos.

As técnicas de minimização, segundo o WMOAM (1988), podem ser classificadas conforme ilustra a Figura 01.

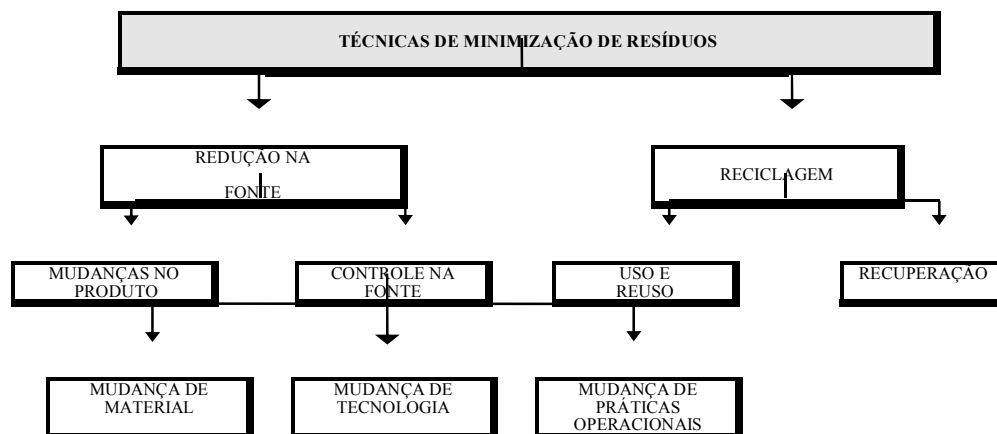


Figura 01 - Técnicas de minimização de resíduos.
Fonte: WMOAM (1988).

As técnicas de redução na fonte incluem mudanças no produto, mudanças de material, tecnologia e práticas operacionais. Mudanças no produto são modificações efetuadas pelo fabricante com o objetivo de reduzir os resíduos provenientes do uso do produto. Sem dúvida alguma esta técnica requer o desenvolvimento de pesquisas em busca da adequação das modificações à garantia da qualidade, ao tempo em que sua aplicação proporciona um elevado aumento no desempenho ambiental do ciclo de vida do produto. Tais mudanças com relação ao produto incluem substituição, conservação e/ou mudanças na composição. Já as mudanças de material são técnicas relativas às modificações nos materiais utilizados no processo industrial e incluem as atividades que promovam a redução de resíduos por intermédio da diminuição da toxicidade de uma determinada substância ou a substituição de um material perigoso por um não perigoso. Apesar de esta técnica geralmente requerer elevados investimentos em pesquisa e implementação, sua efetivação proporciona excelente desempenho ambiental. As mudanças de tecnologias são modificações relativas ao próprio processo ou a seus equipamentos, visando à redução de resíduos. Abrangem desde pequenas modificações que podem ser implementadas em alguns dias com um baixo custo, até complexas mudanças no processo, com custo elevado. Quanto às mudanças de procedimentos operacionais, as técnicas que fazem parte desta classificação incluem medidas administrativas, institucionais ou procedimentos que uma companhia pode utilizar para minimizar resíduos e por isso constituem, dentre todas as técnicas, a de maior número de opções.

Várias técnicas de reciclagem, as quais se dividem em uso e reuso e recuperação, são aplicadas em programas envolvendo empresas e sociedades, enquanto inúmeras pesquisas são realizadas para melhorar seu desempenho e eficiência. Segundo WMOAM (1988), o uso e reuso diretos constituem no retorno do material residual, quer seja no processo original quer seja como substituto de um material em outro processo. Já a recuperação, como o próprio nome indica, consiste em recobrar um composto utilizável de um resíduo e reutilizá-lo fora ou dentro do próprio processo industrial.

O Processo de Fundição

Em linhas gerais, o processo de fabricação de peças metálicas por meio da fundição consiste em verter o metal líquido em moldes, com as características do modelo, confeccionados à base de areia. O processo tem início com a alimentação de argila, areia base, areia de retorno e aditivos necessários (devidamente balanceados para atenderem às aplicações específicas) que entram no misturador para a adequada homogeneização dos componentes e de onde saem como areia de moldagem diretamente para a fase de preparação dos moldes onde os machos¹ são colocados. A etapa seguinte consiste no vazamento do metal líquido nas caixas de moldagem. Após rápida transferência de calor entre o metal e a areia, ocorre o processo de separação peça - molde. Da separação, a areia é retornada ao processo para preparação da areia de moldagem e as peças metálicas são enviadas à etapa de acabamento e controle de qualidade. A Figura 02 ilustra o fluxograma de processo usual de uma indústria de fundição.

¹ Modelos responsáveis pelas partes vazias da peça, geralmente confeccionados em resina fenólica num processo de prensagem. Materiais normalmente utilizados: gás liqüefeito de petróleo (GLP), emulsão de silicone e areia .

No sistema de preparação de areia há formação de finos que são succionados pelo sistema de exaustão que, por sua vez, geralmente os conduz a uma decantação em água (sistema de lavagem de pó).

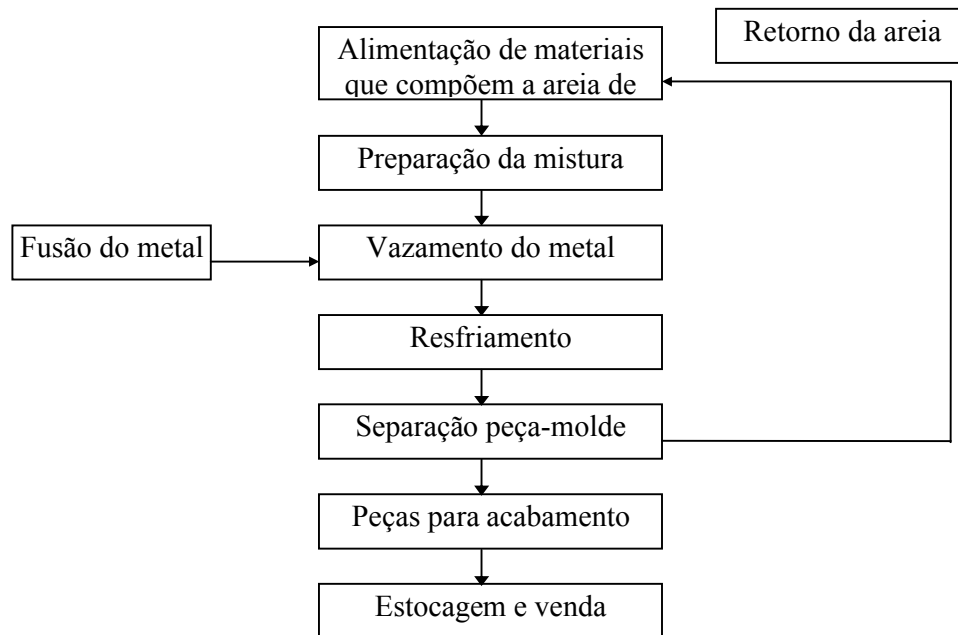


Figura 02 - Fluxograma de um processo usual de fundição.

As indústrias siderúrgicas, conforme cita PABLOS (1995), geralmente são consideradas empresas que produzem grandes efeitos nocivos ao meio ambiente, tanto pela quantidade de recursos naturais utilizados como pela geração de substâncias nocivas ao meio. O processo de produção das indústrias de fundição possui um baixo desempenho ambiental devido ao fato de consumir grandes quantidades de recursos naturais e de gerar grande volume de poluentes. De acordo com MARIOTO & BONIN (1996), o custo da geração de tais resíduos já afeta a economia destas empresas no Brasil e a situação tende a agravar-se devido a fatores como o aumento dos custos de disposição dos resíduos, a progressiva carência de áreas adequadas para depositá-los e a eminente exigência de adequação às normas ambientais internacionais.

METODOLOGIA

Com base na metodologia aplicada no trabalho desenvolvido por MATOS (1997) e no procedimento de avaliação de oportunidades de minimização elaborado pela US EPA, estabeleceu-se a seqüência de etapas do estudo de alternativas de minimização de resíduos da indústria de fundição, conforme ilustra a Figura 03 .

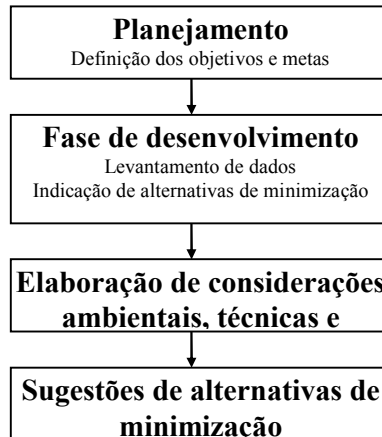


Figura 03 - Fluxograma da elaboração do estudo da minimização de resíduos de um processo de fundição.

Assim como sugere a metodologia de referência, a fase de planejamento consistiu em estabelecer os objetivos e a seqüência de ações do estudo, levando em consideração a limitação dos recursos. Dando continuidade à execução das etapas do programa, teve início a fase de desenvolvimento onde, a partir de informações coletadas, foi possível identificar caminhos para a minimização de resíduos. Na etapa de avaliação das alternativas, dadas as limitações de recursos e visando atender aos objetivos estabelecidos, tais alternativas foram comentadas quanto aos aspectos ambientais, técnicos e econômicos. Na última fase, as opções que melhor responderam as considerações supracitadas foram selecionadas para comporem as indicações de alternativas de minimização dos resíduos sólidos líquidos e gasosos resultantes de um processo de fundição.

RESULTADOS

A seguir são apresentados os dados ,bem como as discussões pertinentes, obtidos nas etapas que compuseram a seqüência de etapas da elaboração do estudo para indicação de alternativas de minimização de resíduos.

Os resultados obtidos na etapa de levantamento de dados e na etapa de elaboração de considerações consistem nas informações pertinentes ao processo de geração de poluentes e das opções de manejo dos resíduos de fundição, as quais são comentadas quanto aos aspectos ambientais, técnicos e econômicos.

A Geração de Poluentes

Segundo LEIDEL (1996), hoje os problemas ambientais das indústrias de fundição são frutos das “soluções” de ontem. Em 1958, as resinas furânicas foram introduzidas ao processo, a fim de aumentar a qualidade da areia no controle de sua temperatura, pois este fator era considerado primordial no desempenho da produção. Não demorou muito e a concorrência do mercado encontrou uma solução mais “eficiente”, utilizando catalisadores mais fortes no combate a problemas com areias alcalinamente contaminadas. À medida que estes paliativos eram aplicados aumentava o surgimento de defeitos nas peças produzidas, originários principalmente do nível de enxofre introduzido pelos catalisadores utilizados. A nova “solução” aplicada foi a diluição da areia reciclada, aumentando a quantidade de areia nova introduzida no sistema, cuja consequência foi o aumento da geração de resíduos. Conforme os custos com tratamento e disposição final dos resíduos foram elevando e os regulamentos ambientais se tornando mais severos, outra solução foi adotada: recuperar a areia termicamente. Agora, além do indesejável dióxido de enxofre (SO₂), são gerados produtos de combustão como gás carbônico (CO₂ e CO), óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis nos processos de regeneração da areia. Ainda segundo o mesmo autor, apesar de os propositores desta técnica afirmarem que a quantidade produzida de tais componentes é insignificante, estudos revelam que uma modesta operação pode gerar cerca de 16 toneladas SO₂ por ano, sem falar nos efeitos acumulativos não desprezíveis do furano remanescente.

LEIDEL (1996) cita, ainda, que nos últimos cinquenta anos o desenvolvimento tecnológico em fundições se concentrou em como aumentar a produção e a automação do processo, deixando de lado as questões relativas ao controle do mesmo. De fato, segundo ROMANUS (1991), o controle do balanço de massa do processo, por exemplo, está fortemente ligado à garantia das propriedades da areia de moldagem, ou seja, a falta de controle no balanço de massa do sistema é um dos componentes causadores de problemas com o desempenho da areia preparada. O resultado de tais atitudes, segundo LEIDEL (1996), pode ser observado no aumento da quantidade de resíduo gerado, no desperdício de energia na produção de elementos inadequados (refugos) e na geração de poluentes por meio de técnicas de tratamento não efetivas - como é o caso da geração de poluentes atmosféricos no processo de regeneração da areia.

A mesma referência cita que os poluentes gerados no processo de fundição são em sua maioria sólidos, destacando-se dentre estes o resíduo de areia de moldagem, porém, existem consideráveis quantidades de efluentes líquidos e gasosos.

Segundo BONIN & ROSSINI (1994), os resíduos de areia de fundição são decorrentes da areia descartada após a perda de sua condição de trabalhabilidade. Para cada tonelada de areia que entra no processo, uma quantidade equivalente de resíduo é gerada.

Os resíduos líquidos possuem alto grau de inorgânicos, com exceção dos efluentes provenientes da água utilizada em sistemas de resfriamento ou aquecimento em algumas etapas do processo e do sistema de lavagem de particulados do sistema de exaustão.

Já os poluentes gasosos são decorrentes do vapor da fusão e vazamento dos metais e do material particulado, disperso na atmosfera, proveniente das partículas muito pequenas presentes na areia utilizada no processo. Como subproduto do processo de fusão, o forno

cubilô gera uma variedade de contaminantes atmosféricos que incluem cinzas, metais (particulados e vapor), dióxido de enxofre, monóxido de carbono, compostos fenólicos e outros orgânicos. Os contaminantes metálicos resultam dos componentes do metal fundido. Quando as peças refugadas são parte primária dos fundidos, uma certa quantidade de substâncias indesejáveis, compostos orgânicos e inorgânicos, irão resultar do processo de fusão, mesmo havendo um rigoroso controle da qualidade do refugo introduzido na mistura. Outra fonte de poluentes gasosos são os compostos aromáticos derivados do material utilizado como aglutinante da mistura que compõe a areia de moldagem. Segundo TROMBLY (1995), quando o metal entra em contato com a areia o material aglutinante vaporiza formando gases tóxicos.

Alternativas de Manejo dos Resíduos do Processo de Fundição e Algumas Considerações Ambientais, Técnicas e Econômicas

Conforme a literatura consultada, comenta-se, a seguir, as possibilidades do gerenciamento dos resíduos do processo de fundição em opções de reutilização, regeneração e prevenção.

No que se refere aos resíduos sólidos, onde se destaca o resíduo de areia de moldagem, as alternativas de reuso externo constituem-se na utilização da areia na fabricação dos seguintes materiais: cimento Portland, artefatos de concreto, asfalto, agregados de construção, etc. A vantagem das atividades de reuso é, sem dúvida, o fato de que a demanda de material da fábrica beneficiadora é bem maior que o volume de resíduo de areia produzido na fundição, o que, por outro lado, se transforma numa desvantagem devido à necessidade de equiparação entre o fluxo de produção do reutilizador e a disponibilidade de material do fornecedor do resíduo. Outro fator importante é a necessidade de adequação/permissão ambiental tanto da fundição (agente fornecedor de um poluente) como da fábrica beneficiadora (agente processador de um material poluente). Do ponto de vista da fundição, a desvantagem está no fato de que, assim como na disposição em aterros, a areia não retorna mais ao processo. Isso talvez possa ser compensado pela oportunidade de melhoria da imagem pública da empresa por meio da divulgação do aproveitamento do resíduo como matéria-prima em outro processo.

De acordo com ROMANUS (1991), quando se tem entrada relativamente elevada de areia nova no sistema, pode-se, a princípio, utilizar a lama proveniente do sistema de lavagem de pó de exaustão com bons resultados, isso devido ao alto grau de renovação do sistema. O mesmo autor afirma ainda que, dependendo do caso, é possível inclusive promover a automatização da reutilização da lama de modo a ter-se um sistema auto balanceável.

Quanto às técnicas de regeneração, estas têm por objetivo, segundo LEIDEL et al (1994), processar a areia usada para permitir seu reuso na fundição. Se este fator se apresenta como vantagem técnica há, no entanto, aspectos ambientais como a geração de outros poluentes no processo de regeneração que mostram as desvantagens desta alternativa. A quantidade de resíduo gerado depende do tipo de areia processada, para que será usada e a tecnologia de regeneração utilizada (processo térmico ou mecânico). Segundo a mesma referência, os resíduos sólidos gerados nesses processos variam numa faixa de 2% a 5% podendo ser até superior a 75%, o mesmo ocorrendo com os poluentes líquidos e gasosos.

As técnicas de regeneração são mais utilizadas por países da Europa e Estados Unidos e possuem elevado custo de investimentos em equipamentos do sistema. Os processos de regeneração em si, segundo BONIN et al (1995), esbarram nas seguintes dificuldades: existem areias provenientes de certos processos de fundição e macharia que não possuem tecnologia de regeneração satisfatoriamente desenvolvida; a grande diversidade das características das areias decorrentes de diferentes processos de moldagem e macharia fazem com que seja necessária a composição de várias técnicas de tratamento. Segundo os dados da literatura, as pesquisas em sistemas de regeneração têm tornado o custo da areia regenerada cada vez mais inferior ao custo da areia nova. De acordo com BONIN et al (1995), a busca para soluções do custo do investimento do processo de regeneração fez com que surgissem alternativas como o consorciamento de instalações em que grupos de fundições se servem da mesma planta. Este sistema tem sido utilizado em regiões da Europa e tem obtido sucesso particularmente na Alemanha e no Japão.

Há ainda a opção de substituição de matérias poluentes por outros menos prejudiciais como é o caso do pó de carvão. De acordo com ROMANUS (1991), assim como este, os seguintes compostos também são geradores de carbono vítreo: pó de madeira, resina vegetal, piche e poliestireno, sendo esse último o que apresentou melhor potencial de substituição. No entanto, a mesma referência afirma que o desempenho de tais materiais ainda não é totalmente satisfatório, necessitando, portanto, de maiores estudos.

No geral, as atividades de gerenciamento de resíduos de areia de fundição, assim como as práticas gerenciais relativas ao meio ambiente, enfrentam uma mudança de concepção, substituindo medidas baseadas unicamente no tratamento por atividades de prevenção. Pode-se, então, identificar dois ramos de atividades relativas ao resíduo de areia dos quais um se concentra em atividades de controle e tratamento, cujos custos têm aumentado consideravelmente, e outro tem como princípio a redução ou quando possível, a eliminação do resíduo a ser disposto. Esta última atividade apresenta ótimo desempenho ambiental, tem o potencial de reduzir os custos em médio e longo prazo porém, alguns aspectos técnicos ainda precisam ser solucionados.

No que se refere aos efluentes líquidos, os resíduos com altos níveis de inorgânicos necessitam de pré-tratamento para que possa ser dispostos. Contudo, a água utilizada em sistemas de refrigeração ou aquecimento em certas etapas do processo pode ser reaproveitada adotando-se um sistema de recirculação, assim como o efluente dos sistemas de lavagem do pó de exaustão pode ser reutilizada para adição de água no próprio processo. Segundo ROMANUS (1991), este último consiste num material rico em substâncias que compõem a mistura da areia de moldagem. De acordo com LEIDEL (1996), a melhoria do procedimento de manutenção pode reduzir o consumo desnecessário de materiais de limpeza, desde a água até o uso de lubrificantes. Tais atividades apresentam tanto viabilidade ambiental, como técnica e não indicam alto custo de implementação se comparado a complexidade de outras alternativas.

Quanto aos resíduos gasosos, existem vários pontos de emissão ao longo de uma planta industrial de fundição o que torna sua investigação um tanto complexa. De acordo com LEIDEL (1996), os gases emitidos pelo forno cubilô por exemplo, variam não só de fundição para fundição como variam também dentro da própria fundição. Tais fatores dificultam o desenvolvimento de técnicas de tratamento dos gases emitidos no processo e o mesmo vale para os gases emitidos nos processos de regeneração da areia. A mudança

de tecnologia dos fornos tem sido sugerida, porém, sabe-se que os sistemas de fusão utilizando fornos elétricos geram particulados de metais pesados. Isto fez com que somente as possibilidades de substituição de material e mudanças no processo se apresentassem como as mais promissoras soluções para a redução de emissões gasosas apesar de indicarem altos custos.

Tais observações confirmam o fato de que maior ênfase deve ser empregada na redução do resíduo na fonte, i.e., minimizar resíduos e considerar mudanças que removam totalmente potencial de contaminantes no processo. Um sistema de gerenciamento de resíduos do processo de fundição fundamentado na prevenção de poluentes engloba todo o sistema operacional da organização, desde o controle de processos ao setor de compras, passando pelo inventário e controle de material e estocagem, manutenção etc.

As sugestões de alternativas de minimização de resíduos de um processo de fundição foram as seguintes, conforme mostra o Quadro 01 a seguir:

Quadro 01 - Alternativas para minimização de resíduos de um processo de fundição.
1. Resíduos sólidos
Eliminação de vazamentos de equipamentos
Desenvolvimento de plano de prevenção de vazamentos
Melhoria (supervisão e controle) do procedimento de carregamento, descarregamento e transporte da areia de moldagem e seus componentes
Melhoria do procedimento de limpeza
Melhoria da operacionalização das baias de peças para retorno ao processo
Adoção de um sistema de gerenciamento ambiental fundamentado na prevenção de resíduos
Substituição do pó de carvão por material menos poluente
Reaproveitamento da lama dos lavadores de pó no sistema de preparação da areia de moldagem
Diminuição da quantidade de areia agregada às peças
Pesquisa para determinação da influência das variáveis de processo no desempenho da areia de moldagem - controle de processo
Uso do resíduo em outro processo (pesquisa e desenvolvimento da viabilidade técnica e ambiental do uso da areia de fundição em processos de fabricação de outros produtos)
Recuperação/regeneração para retorno da areia ao processo como matéria-prima
2. Resíduos líquidos
Sistemas de água de resfriamento ou aquecimento em circuitos fechados
Reaproveitamento da água dos sistemas de lavagem do pó de exaustão para adição de água no próprio processo.
3. Resíduos gasosos
Substituição de materiais responsáveis pela geração de gases tóxicos por materiais menos poluentes - pesquisa e desenvolvimento

CONCLUSÕES

As alternativas sugeridas estão relacionadas de acordo com a preferência de aplicação quanto aos fatores simplicidade e redução na fonte. No entanto, tais opções possuem diversos níveis de complexidade. Algumas medidas podem ser implementadas imediatamente enquanto que outras requerem o desenvolvimento de pesquisas que as tornem viáveis quanto aos aspectos técnicos, ambientais e econômicos, dependendo do tipo de opção como é o caso da regeneração da areia de moldagem, dos processos de reutilização e da substituição de materiais geradores de gases tóxicos. Os tempos de implementação são variáveis e um cronograma de implementação pode ser elaborado, priorizando-se as opções que podem ser efetivadas em médio e curto prazo, enquanto que as alternativas em longo prazo podem ser escaladas para estudos aprofundados.

A quantidade de opções elaboradas fez observar a existência de um bom potencial de opções de minimização para o resíduo do processo de fundição.

Algumas observações quanto aos aspectos educacionais, políticos e legislativos puderam ser efetuadas no decorrer da elaboração do estudo de caso. A falta de conscientização da importância de aplicação de esforços em prevenção de resíduos por parte do pessoal envolvido na organização, bem como a visão do resíduo como lixo e não como matéria-prima e energia em potenciais, geram dificuldades na obtenção de dados para a elaboração de pesquisas e, por extensão, no desenvolvimento de soluções em redução de poluentes e obtenção de recursos para implementação. Este aspecto parece estar intimamente relacionado com o sistema produtivo atual que, fundamentado nos critérios capitalistas, tem suas ações regidas pelas necessidades desse sistema. Para muitos, o gerenciamento ambiental não faz parte, ainda, dessas ditas necessidades. Assim sendo, os órgãos reguladores e políticos cometem um grave erro ao deixarem de exercer seu poder de criação de necessidades ambientalmente corretas, influenciando e incentivando o desenvolvimento e efetivação de atitudes de prevenção de resíduos.

Ao mesmo tempo, observa-se que a diversidade de aspectos que contempla a metodologia de minimização a torna um tanto complexa. Sendo assim, o atraso na resolução de tais fatores poderá agravar ainda mais os problemas com os poluentes e fazer com que haja um grande aumento nos custos de gerenciamento de resíduos no futuro. A concretização de estudos como a minimização, ao basear seus esforços na prevenção da geração de resíduos, apresenta-se, portanto, como uma forma mais efetiva de avançar em direção a uma realidade constituída de tecnologias limpas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BONIN, A. L. et al. Reutilização da areia preta de fundição na construção civil. **Anais do Congresso Brasileiro de Fundição - 1995**, p. 203-221. (1995)
2. BONIN, A. L.; ROSSINI, A. J. Reutilização da areia preta de fundição na construção civil. (Relatório Técnico do Departamento de Tecnologia Sanitária - CESET-UNICAMP). Limeira, 1994.
3. FREEMAN, H, editor. **Hazardous waste minimization**. McGraw-Hill, Singapore. (1990)
4. LEIDEL at al. Beneficial sand reuse: making it work. **Mordern casting**, aug. (1994).
5. LEIDEL, D. S. Pollution prevention: the options. **CASTEXPO'96 and 100th AFS casting congress**. (1996).
6. MARIOTO C.; BONIN A. L. Tratamento dos descartes de areia. **Fundição e matérias-primas**, mar/abr. (1996).
7. PABLOS, J.M. Utilização do resíduo sólido gerado pelo descarte das areia de fundição aglomeradas com argila no setor de construção civil. São Carlos, 1995. 57 p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
8. ROMANUS, A. Areias de moldagem a verde. *Apostila do curso*, v.1. (1991).
9. MATOS, S.V. Proposta de minimização de resíduos sólidos industriais: estudo de caso com areia de fundição. São Carlos, 1997. 107 p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
10. TROMBLY, J. Recasting a dirty industry. **Environmental Science and Technology**, v. 29, n. 2. (1995).
11. WASTE MINIMIZATION OPPORTUNITY ASSESSMENT MANUAL. EPA/625/7-88/003. Ohio, USA, jul. (1988).