

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS  
UNIDADE ACADÊMICA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO  
TRABALHO**

**DANIEL OLIVEIRA DE BRITO**

**ANÁLISE INTEGRADA DOS IMPACTOS AMBIENTAIS E RISCOS  
OCUPACIONAIS NA OPERAÇÃO DE UNIDADES DE TRIAGEM DO BRASIL:  
revisão bibliográfica**

**Porto Alegre**

**2016**

Daniel Oliveira de Brito

ANÁLISE INTEGRADA DOS IMPACTOS AMBIENTAIS E RISCOS OCUPACIONAIS  
NA OPERAÇÃO DE UNIDADES DE TRIAGEM DO BRASIL:  
revisão bibliográfica

Artigo apresentado como requisito parcial  
para obtenção do título de Especialista em  
Engenharia de Segurança do Trabalho,  
pelo Curso de Especialização em  
Engenharia de Segurança do Trabalho da  
Universidade do Vale do Rio dos Sinos -  
UNISINOS

Orientador: Prof. Ms. Jorge Augusto Berwanger Filho

Porto Alegre

2016

# **ANÁLISE INTEGRADA DOS IMPACTOS AMBIENTAIS E RISCOS OCUPACIONAIS NA OPERAÇÃO DE UNIDADES DE TRIAGEM DO BRASIL: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Daniel Oliveira de Brito\*

Jorge Augusto Berwanger Filho\*\*

**Resumo:** O objetivo da pesquisa foi avaliar de maneira integrada os impactos ambientais e os riscos ocupacionais nas unidades de triagem de resíduos sólidos urbanos do Brasil. A análise integrada - baseada no sinergismo entre a gestão ambiental e gestão de saúde e segurança do trabalho – foi realizada através da aplicação do “Failure Mode and Effect Analysis” (FMEA) nos principais riscos e impactos identificados pelo referencial teórico sobre a atividade no Brasil. Foram verificados 26 riscos e impactos, dos quais 77% foram classificados como significantes, críticos ou catastróficos. Observou-se que diversos riscos são oriundos dos mesmos perigos, mas relacionados a diferentes alvos (meio ambiente, saúde e segurança). A partir da avaliação, foram propostas 39 medidas de controle de risco que abordam a conscientização à população, adequações na edificação, maquinário, mobiliário e equipamentos, gestão do galpão de triagem, treinamento dos trabalhadores, e utilização de EPIs. Verificou-se que a direta influência da população constitui idiosincrasia dos impactos ambientais e riscos ocupacionais nas unidades de triagem.

**Palavras-chave:** Unidades de triagem. Risco ocupacional. Impacto ambiental. FMEA.

## **1 INTRODUÇÃO**

A geração de resíduos sólidos é inerente aos processos de fabricação de bens de consumo desde a produção de matérias primas até a sua utilização (TCHOBANOGLOUS & KREITH, 2002). No Brasil, observa-se uma média 1,05 kg/hab.dia de resíduos sólidos urbanos coletados, havendo uma incidência dos menores valores per capita nas regiões mais economicamente desenvolvidas do país. Estima-se que 30% dos RSU correspondam a uma fração de “materiais recicláveis secos” (BRASIL, 2016). No Rio Grande do Sul, constata-se uma fração de 20 % (em municípios com até 50.000 habitantes) a 30 % (municípios com mais

---

\* Aluno do curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade do Vale do Rio dos Sinos – danieloliveiradebrito@gmail.com

\*\* Professor do curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade do Vale do Rio dos Sinos – jorge.ambiental@hotmail.com

de 300.000 habitantes) de material seco reciclável nessa massa (RIO GRANDE DO SUL, 2014).

Ao receber e selecionar os resíduos sólidos urbanos passíveis de reciclagem, as unidades de triagem exercem um papel fundamental na gestão de resíduos sólidos, participando da estrutura da cadeia da reciclagem. No Brasil, em 2014, havia um total de 472 unidades de triagem cadastradas no Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (BRASIL, 2016). No Rio Grande do Sul, 47 % dos municípios realizam triagem de RSU (RIO GRANDE DO SUL, 2014).

Entretanto, em oposição aos impactos positivos decorrentes da triagem de resíduos urbanos pelas usinas de triagem (notoriamente aqueles associados à reciclagem, e.g. a economia de matérias primas de fontes naturais, redução da área utilizada para a disposição final de resíduos sólidos e economia de energia nos processos produtivos), os riscos ambientais associados ao armazenamento temporário de resíduos em determinada área, assim como os riscos à saúde e à segurança dos trabalhadores envolvidos na atividade, geralmente não são objeto da necessária apreciação. O principal desafio na gestão de resíduos está na garantia de uma efetiva gestão integrada, em função da dificuldade na articulação entre as dimensões de sustentabilidade econômica (e.g. redução das externalidades ambientais), ambiental (e.g. manutenção da integridade ecológica), social (e.g. combate à exclusão e discriminação) e institucional (e.g. participação da sociedade nas tomadas de decisão) (BESEN, 2011).

Assim, este artigo tem por objetivo avaliar através de revisão da literatura os principais riscos, perigos, aspectos e impactos que incidem sobre o meio ambiente e a saúde e segurança do trabalhador nas unidades de triagem brasileiras, de modo a propor medidas que controlem e minimizem os potenciais efeitos danosos dessa atividade.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 A gestão e o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos**

Os resíduos sólidos urbanos (RSU) são aqueles gerados nas atividades domésticas em residências urbanas e aqueles com características similares gerados pelo comércio e pela indústria, somados àqueles originários de serviços de limpeza

pública (varrição, poda, limpeza de logradouros, bueiros, boca de loco, etc) (RIO GRANDE DO SUL, 2014).

A gestão dos resíduos sólidos compreende as diferentes atividades relacionadas à tomada de ações quanto aos aspectos ambientais, financeiros, operacionais, administrativos e institucionais, devendo abranger o reconhecimento dos agentes envolvidos, a consolidação da base legal necessária para a sua viabilização, a implementação de mecanismos de financiamento para a sustentabilidade das estruturas, a prestação de informações à sociedade e um sistema de planejamento integrado. A gestão de forma integrada consiste no acompanhamento de forma criteriosa de todo o ciclo dos resíduos, de sua geração à sua disposição (LIMA, 2001). A Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010), marco regulatório nacional, dispõe como um de seus princípios a gestão integrada dos resíduos sólidos.

O gerenciamento de resíduos sólidos, por sua vez, consiste no conjunto de ações exercidas nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos e disposição final dos rejeitos (BRASIL, 2010). Ou seja, o gerenciamento trata dos aspectos tecnológicos e operacionais da questão (LIMA, 2001).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) determina que a gestão e o gerenciamento dos resíduos devem observar a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010).

A não geração e redução consistem em elementos primários da hierarquia do gerenciamento de resíduos sólidos em diversas organizações e agências a nível regional, nacional e internacional. A redução dos resíduos sólidos engloba a aplicação de estratégias como alterações no design dos produtos e conscientização do consumidor (UNEP, 2005).

A reutilização envolve o reemprego de um resíduo pronto para ser usado novamente, enquanto que a reciclagem é um processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos (BRASIL, 2010).

Tchobanoglous e Kreith (2002) apontam que a maneira mais eficiente de melhorar o problema de disposição de resíduos sólidos é a redução de sua

quantidade e toxicidade, entretanto, essa medida contrasta com os hábitos de consumo que demandam uma crescente produção.

A reciclagem consiste num processo de recuperação de matéria-prima que envolve um conjunto de ações, conforme definido abaixo.

“A reciclagem em um sistema de gestão integrada de resíduos sólidos remete às etapas de recuperação de recicláveis dos resíduos urbanos e sua utilização como matéria-prima secundária. Delimita-se aqui como o processo de recuperação da matéria-prima o conjunto de ações envolvendo a coleta seletiva e triagem dos resíduos, sua limpeza e prensagem e/ou enfardamento, conforme o tipo de material, deixando-o pronto para ser transformado como matéria-prima secundária. A esta última etapa fica reservado o termo “reciclagem” propriamente dita” (FREITAS & FONSECA, 2012)

Observa-se que há uma diversidade de materiais que podem ser reciclados em uma massa de RSU, voltando ao ciclo comercial, agregando valor e gerando empregos (HABITZREUTER, 2008). Os materiais recicláveis são separados em papéis, papelão, plásticos, metais ferrosos, alumínio e vidros, com potencial de serem aplicados como matéria-prima nas indústrias de reciclagem (OLIVEIRA, 2011).

A segregação dos resíduos na fonte geradora é fundamental para a viabilidade da coleta seletiva, pois aumenta a qualidade dos recicláveis. Essa etapa demanda um envolvimento da população, a qual deve mudar seus hábitos no momento do descarte dos resíduos (GALBIATI, 2001).

Na América Latina e no Caribe são poucos os municípios que praticam a reciclagem, havendo uma predominância no reciclo do plástico, papel, materiais ferrosos e vidro (OPS, 2005). No Brasil, 508 mil toneladas de alumínio (35,2% do consumo doméstico registrado no período) foram recicladas em 2012, valor acima da média mundial (29,9%). No segmento das latas de alumínio para envase de bebidas, o país se encontra liderança mundial, atingindo um índice de reciclagem de 97,9% no referido período. Além disso, registrou-se uma taxa de recuperação – em relação à quantidade de papéis recuperáveis – de 45,7%, assim como um Índice de Reciclagem Mecânica Pós-Consumo de plástico de 21% para o mesmo ano, com índice de reciclagem de PET de 58,9% (ABRELPE, 2013).

Entretanto, conforme ressalta Layrargues (2002), a reciclagem resolve apenas uma diminuta fração do problema. De acordo com o autor, o discurso ecológico oficial valorizou a reciclagem em detrimento das demais ações de gestão e

gerenciamento, de modo a eliminar a sua função social. Silva et al (2013) aponta que a viabilidade econômica da exploração do setor de reciclagem é oriunda principalmente do aumento do consumo nos centros urbanos, acarretando um proporcional aumento de descarte de materiais e encarecimento progressivo das matérias-primas para produção de produtos de consumo em geral.

De acordo com Freitas & Fonseca (2012), os recicláveis podem ser recuperados nos distintos momentos apresentados abaixo:

1. Recebimento e triagem dos resíduos da coleta seletiva realizada por empresas de limpeza urbana, públicas ou privadas;
2. Triagem dos resíduos na coleta seletiva com a inclusão dos catadores, nos termos do Decreto Federal nº 5.940 de 2006 (BRASIL, 2006);
3. Coleta direta nas ruas e logradouros, realizada informalmente por catadores ligados ou não a organizações coletivas;
4. Resíduos da coleta comum triados pelos catadores em usinas de triagem ou diretamente nos aterros ou lixões.

## **2.2 Operação em central de triagem de resíduos sólidos**

A operação envolvendo resíduos recicláveis em uma unidade de triagem pode ser dividida nas seguintes etapas (DE OLIVEIRA et al, 2006):

1. Recepção dos resíduos: local em que é descarregado o resíduo sólido urbano, onde os funcionários já realizam uma “pré-triagem”, a qual consiste na retirada de volumes de médio ou grande porte (móveis, papelões, sucatas, plásticos, vidros, ...). Nos municípios em que a coleta seletiva é implementada, a pré-triagem se torna praticamente inexistente;
2. Triagem: separação manual dos componentes da massa de resíduo. A atividade é realizada em uma mesa de triagem (mecanizada ou não). Os materiais triados são armazenados tambores metálicos ou bombonas de plástico;
3. Prensagem e armazenamento: após a triagem, os recicláveis são prensados e armazenados em baias;
4. Pesagem.

Cabe salientar que a triagem supracitada (item 2) pode ser realizada de maneira automatizada com o uso de tecnologias que separam os materiais por

critérios como tamanho, magnetismo, densidade, condutividade elétrica e cor (TCHOBANOGLOUS & KREITH, 2002). Conforme o Colturato (2015), a classificação mecânica ou automática pode ser realizada por meio de equipamentos de separação magnética, separadores por correntes de Foucault, separadores balísticos, mesas densimétricas, tromels, separadores ópticos, aspiradores de plástico, entre outras tecnologias. A classificação manual, por sua vez, é realizada por meio do fluxo contínuo de materiais com separação de algumas frações principais, sendo alocadas em cabines de triagem.

No Brasil, 50% das unidades de triagem são operadas por associações de catadores (BRASIL, 2016). No estado do Rio Grande do Sul, as operações das unidades de triagem são geralmente realizadas por associações/cooperativas de catadores em instalações próprias ou cedidas pela prefeitura municipal ou por meio de convênios. A comercialização do material recuperado é realizada pela própria cooperativa/associação (RIO GRANDE DO SUL, 2014).

Estima-se que atuem um número entre 400 e 600 mil catadores no Brasil. A maior parte dos catadores não é efetivamente remunerada, cabendo a esse grupo apenas uma parcela dos recursos que são capazes de captar na comercialização dos recicláveis. Observa-se que apenas 38,6% dos catadores declarados no Censo de 2010 apresentam alguma relação contratual de trabalho (FREITAS & FONSECA, 2012).

Os trabalhadores da coleta e seleção de material reciclável são reconhecidos pelo Ministério do Trabalho e do Emprego (MTE) desde 2002 segundo a Classificação Brasileira de Ocupações (CBO) 5192, com os títulos de catador de material reciclável (5192-05), selecionador de material reciclável (5192-10) e operador de prensa de material reciclável (5192-15). De acordo com o MTE, a descrição sumária dessa CBO é:

“Os trabalhadores da coleta e seleção de material reciclável são responsáveis por coletar material reciclável e reaproveitável, vender material coletado, selecionar material coletado, preparar o material para expedição, realizar manutenção do ambiente e equipamentos de trabalho, divulgar o trabalho de reciclagem, administrar o trabalho e trabalhar com segurança”

## 2.3 Riscos ocupacionais e impactos ambientais

### 2.3.1 Risco ocupacional

É possível afirmar que a noção de risco se relaciona com o resultado do produto da probabilidade de eventos ou falhas e a magnitude de suas consequências (PORTO & FREITAS, 1997). De acordo com a Fundação Estadual de Proteção Ambiental - RS (2016), risco pode ser definido como a “estimativa do potencial de danos a pessoas, instalações, meio ambiente ou imagem baseada em combinação de frequência esperada de ocorrência e magnitude dos danos”.

A Norma OHSAS 18001:2007, a qual especifica os requisitos relativos a um sistema de gestão da segurança e saúde do trabalho, de modo que uma organização controle seus riscos para SST e melhore seu desempenho nessa área, dispõe, dentre outras, sobre as seguintes definições:

- Perigo: “fonte, situação ou ato com potencial para o dano em termos de lesões, ferimentos ou danos para a saúde, ou uma combinação destes”;
- Danos para a saúde: “condição física ou mental identificável e adversa resultante de ou consequência da realização do trabalho e/ou situação relacionada com o trabalho”;
- Risco: “combinação da probabilidade da ocorrência de um acontecimento perigoso ou exposição(ões) e da severidade das lesões, ferimentos ou danos para a saúde, que pode ser causada pelo acontecimento ou pela(s) exposições”.

Na legislação brasileira, a Norma Regulamentadora (NR) nº 9 do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) versa sobre a obrigatoriedade da elaboração e implementação por parte dos empregadores do Programa de Preservação de Riscos Ambientais (PPRA), o qual busca antecipar, reconhecer, avaliar e controlar a ocorrência dos riscos ambientais do ambiente de trabalho. Essa norma define riscos ambientais como “os agentes físicos, químicos e biológicos existentes nos ambientes de trabalho que, em função de sua natureza, concentração ou intensidade e tempo de exposição, são capazes de causar danos à saúde do trabalhador”.

Além dos riscos decorrentes de exposição a agentes químicos, físicos e biológicos, o risco de acidentes e o oriundo da inadequação ergonômica dos postos

de trabalho são usualmente considerados por diversos autores na avaliação dos riscos nos locais de trabalho (ZECHIN, 2011; PAGANELLA, 2011; BARBOSA, 2011; COLVERO e DE SOUZA, 2016; PORTO, 2000; MELO et al, 2002).

### 2.3.1.1 Risco ocupacionais nas unidades de triagem

Em pesquisas realizadas em diversas regiões do Brasil, verifica-se nas unidades de triagem a ocorrência de riscos físicos, químicos, biológicos, de acidentes, ergonômicos e psicossociais de semelhante natureza (CAMPOS et al, 2014; ZECHIN, 2011; PAGANELLA, 2011; COLVERO e SOUZA, 2016; COCKELL et al, 2004; FERREIRA e DOS ANJOS; 2001; BARBOSA, 2011; DE OLIVEIRA, 2011; ALMEIDA et al, 2009).

Dentre os riscos ocupacionais oriundos da exposição a agentes físicos apresentados pelo referencial teórico, observam-se o ruído da prensa hidráulica, a vibração da esteira de triagem, as condições climáticas adversas e a umidade oriunda do clima e líquidos das embalagens.

A inalação da poeira dispersa no esvaziamento no início da triagem e dos vapores de solventes, de mercúrio (originado da quebra de lâmpadas fluorescentes dispostas inadequadamente pela população) e gases oriundos da exaustão durante a exaustão dos veículos durante a descarga de materiais, assim como o contato com metais pesados, cloro e óleo mineral para lubrificação de máquinas constituem fonte de risco químico.

A probabilidade de contaminação por diversos patógenos (em decorrência de materiais perfurocortantes contaminados – em especial os resíduos de serviços de saúde destinados inadequadamente –, urina de ratos e ratazanas, pulgas de ratos, objetos contaminados por baratas ou moscas), a circulação de animais peçonhentos pelo galpão de triagem e o manuseio de materiais contaminados com fezes constituem risco biológico nas unidades de triagem.

Quanto aos riscos de acidentes, a perfuração ou corte com materiais perfurocortantes foi mencionada por todos os autores considerados. Além disso, destacam-se as quedas (em função de piso inadequado), esmagamento (decorrente da ausência da proteção da prensa hidráulica), choque elétrico (em função das instalações elétricas inadequadas), atropelamento e colisão mecânica (oriundo da circulação de veículos), além da probabilidade de incêndios.

O risco ergonômico está vinculado ao manuseio de fardos excessivamente pesados, restrição dos movimentos em função do espaço inadequado, movimentos extremos de ombro e coluna em função de bancada inadequada, postura inadequada por parte dos catadores, esforço repetitivo e excesso de horas de trabalho.

### 2.3.2 Impactos ambientais

Um impacto ambiental é caracterizado por componentes espaciais e temporais, podendo ser descrito como uma alteração de um parâmetro ambiental em determinado espaço e tempo em função de uma atividade, em relação à situação na qual estaria esse parâmetro se essa atividade não houvesse iniciado (WATHERN, 1988).

A Resolução nº 01 de 23 de janeiro de 1986 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) define impacto ambiental como:

“Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III - a biota; IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V - a qualidade dos recursos ambientais.” (CONAMA, 1986)

A norma ISO 14001 (ABNT, 2005), por sua vez, apresenta como definição de impacto ambiental a modificação do meio ambiente (adversa ou benéfica) que resulta dos aspectos ambientais da organização. O aspecto ambiental é definido como um elemento da atividade, produto ou serviço da organização que interage com o meio ambiente.

A avaliação de impacto ambiental consta como instrumento analítico e/ou processo que visa antever as possíveis consequências de uma decisão. Dentre as etapas que envolvem uma avaliação de impacto ambiental, pode-se elencar estudos preliminares sobre os usuais impactos associados a determinado projeto, assim como o levantamento da legislação aplicável e a avaliação dos impactos ambientais (SÁNCHEZ, 2013).

### 2.3.2.1 Impactos ambientais negativos nas unidades de triagem

Além dos impactos ambientais positivos oriundos das unidades de triagem, verificam-se uma série de impactos ambientais negativos associados à contaminação da água subterrânea, poluição atmosférica, ruído e vetores (TCHOBANOGLIOUS & KREITH, 2002).

Observa-se que em uma massa de resíduo sólido municipal pode ser verificada uma série de resíduos com potencial de inserção de substâncias nocivas no meio ambiente, como pilhas e baterias óleos e graxas, pesticidas/herbicidas, solventes, tintas, produtos de limpeza, cosméticos, remédios e aerossóis (FERREIRA e DOS ANJOS, 2001). Ainda que parte desses resíduos seja objeto da logística reversa, deve-se considerar a não integralidade da adesão da população a esse instrumento. Em pesquisa realizada no ano de 2013 em 03 bairros de diferentes condições sociais no município de Colina/SP, Machione (2014) constatou que 25% da massa de resíduo sólido urbano do era composta por resíduos perigosos.

O maquinário utilizado nas unidades de triagem, além dos veículos que realizam a descarga do material são responsáveis pela geração de ruído. Os vetores mencionados anteriormente no item 2.3.1.1 também configuram fonte de impacto ambiental. Mencionam-se também como impactos ambientais a emissão de odores (tipicamente oriundos da área onde os resíduos são descarregados), a poluição atmosférica advinda das emissões veiculares, além da energia utilizada para a operação das unidades de triagem (TCHOBANOGLIOUS & KREITH, 2002).

Verifica-se, desse modo, uma sobreposição entre os perigos relacionados ao risco ocupacional e os aspectos relacionados aos impactos ambientais em uma unidade de triagem de resíduos sólidos.

### 2.3.3 Integração entre gestão ambiental e gestão de saúde e segurança ocupacional

Integrar a abordagem entre saúde do trabalhador e meio ambiente é fundamental para o avanço da análise e intervenção sobre as situações e eventos de riscos aos quais são expostos os trabalhadores, as populações vizinhas e o meio ambiente (PORTO & FREITAS, 1997). O sinergismo entre a Gestão Ambiental e Gestão de Saúde e de Segurança Ocupacional se dá na abrangência e

interdependência no controle de impactos à Saúde e Segurança Ocupacional (SSO) e impactos ambientais. As normas ISO 14001 (ABNT, 2005) e OHSAS 18001:2007 possuem requisitos espelhados e inter-relacionados, além de objetivar a melhoria contínua através do PDCA (DE VASCONSELOS et al, 2010).

A Norma OHSAS 18001:2007 define em seu item 4.3.1 que a organização deve estabelecer, implementar e manter procedimentos para identificação de perigos, avaliação de riscos e implementação das necessárias medidas de controle. Analogamente, a Norma ISO 14001 (ABNT, 2005) coloca também em seu item 4.3.1 que a organização deve estabelecer, implementar e manter procedimentos para identificação dos aspectos ambientais de suas atividades, determinando aqueles que tenham ou possam ter impactos significativos sobre o meio ambiente.

Labadová (2004) analisou a integração de sistemas de gestão de qualidade, meio ambiente e saúde e segurança de dois modos distintos: a partir de uma implementação sequencial da integração e a partir de um único sistema que integrasse as três áreas. Ambos os modos apresentaram resultados semelhantes que apontam a viabilidade dessa abordagem. Para a implementação direta de um Sistema Integrado de Gestão (SIG), a autora propõe uma metodologia baseada na análise de risco, de acordo com os sete passos a seguir:

1. Descrição do sistema de produção e o ambiente no qual está instalado;
2. Identificação das fontes de perigo e possíveis alvos;
3. Cenários que combinem diferentes fontes e alvos, identificando possíveis ações;
4. Avaliação do risco a partir de uma matriz de risco (combinando probabilidade e consequências);
5. Definição dos objetivos baseados na análise de risco;
6. Definição de meios de prevenção e proteção;
7. Gerenciamento do risco.

Na comparação entre SIG e o Sistema de Gestão Ambiental da ISO 14.001, pode-se traçar uma relação de igualdade entre aspectos ambientais e fontes de perigo, impactos ambientais e consequências, meio ambiente e alvos, significância dos aspectos e risco com sua aceitabilidade (LADOVÁ, 2003).

Constata-se a existência de uma variedade de fontes de perigo (químicos, físicos, biológicos, etc.), entretanto, existem apenas quatro tipos de alvos possíveis – empregados, população, meio ambiente e propriedade (prédios, tecnologia, ...) – e

três maneiras de transferência desses perigos – transferência de massa, energia e informação (LABADOVÁ, 2004). Desse modo, pode-se considerar a análise de risco como ferramenta integradora de um sistema de gestão.

Quando perigos são identificados em um sistema, os riscos associados devem ser analisados quanto a sua aceitabilidade (KAVIANIAN et al, 1992). Na análise de riscos, inicialmente se busca identificar os perigos e, a partir da identificação desses, estimar os respectivos riscos (SÁNCHEZ, 2013).

O gerenciamento do risco tem por objetivo identificar, analisar e avaliar os riscos existentes. Algumas ferramentas podem ser utilizadas para isso, como a Análise Preliminar de Riscos (APR), Árvore de Causas (AE), o What if/Checklist (WIF), a Análise do Modo de Falha e Efeitos (FMEA – “Failure Mode and Effect Analysis” –) o Estudo de Operabilidade e Riscos (HAZOP), entre outras (MELO et al, 2002).

O FMEA consiste em uma metodologia específica para avaliar um sistema, processo ou serviço nas suas distintas possibilidades nas quais falhas podem ocorrer. A aplicação desse método fornece um exame sistemático de todas as falhas possíveis, identificando suas causas e efeitos, priorizando os modos de falha identificados de acordo com sua prioridade, e propondo ações corretivas (STAMATIS, 2003).

Zeng et al (2010) aplicaram o FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) para identificação de potenciais modos de falhas, determinação de seus efeitos e proposição de ações para mitigação dos riscos sob as perspectivas da saúde e segurança do trabalho, ambiental e de qualidade na construção civil. O SIG proposto ranqueou de 1 a 5 os índices de ocorrência, severidade e detecção (maiores valores para a maior possibilidade de ocorrência, maior severidade e maior detecção), e o Número de Risco Prioritário (NRP) foi dividido nas seguintes classes: I – insignificante, II – baixa significância, III – significativa, IV – crítico, V – catastrófico.

A priorização das falhas identificadas no FMEA é realizada a partir da aplicação do Número de Risco Prioritário (NRP), o qual é obtido pelo produto da ocorrência (O), severidade (S) e detecção (D), conforme a equação abaixo (ZENG et al, 2010).

$$\text{NRP} = \text{O} \cdot \text{S} \cdot \text{D} \quad (1)$$

Pinto et al (2011) menciona o FMEA como um dos métodos mais utilizados na avaliação de risco ocupacional. Pode-se também citar o trabalho de Garbin (2013), o

qual aplicou o método na indústria de fundição. Dentro os trabalhos que abordam a utilização FMEA na área ambiental, pode-se destacar a metodologia proposta por Andrade e Turrioni (2001), que apresentam como vantagens da aplicação a identificação dos modos/causas de falhas relacionadas ao meio ambiente, a identificação das variáveis que deverão ser controladas para melhor eficácia da detecção de falhas, a classificação dos modos de falhas e documentação dos resultados ambientais. Quanto à aplicação dessa ferramenta nessa área, observam-se os trabalhos de Campani et al (2006), Barcelos et al (2011), Nogueira et al (2011) e Senna et al (2014).

Na utilização do FMEA para análise integrada de risco ambiental e ocupacional, além do já mencionado trabalho de Zeng et al (2010) na construção civil, observa-se também a pesquisa de Wang et al (2012) – aplicação no desenvolvimento de uma estratégia de manutenção em uma planta petroquímica – e Segawa et al (2016) – em método para redução de risco em manufatura de ingredientes farmacêuticos.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a análise dos riscos sobre o meio ambiente e a saúde e segurança do trabalhador nas unidades de triagem do Brasil, buscou-se no referencial teórico estudos de casos sobre a atividade no país, visando compreender seus perigos e aspectos frequentes. Os riscos e impactos encontrados foram avaliados através de uma variação da ferramenta FMEA, conforme as tabelas de determinação de índice de criticidade abaixo. Acrescentou-se na análise uma avaliação quanto à situação (Tabela 1). A gradação de severidade (Tabela 2) foi baseada na de Andrade e Turrioni (2001) e Bullock e Ignacio (2006), a detecção (Tabela 4) em Andrade e Turrioni (2001).

Tabela 1 - Situação

Situação (Si)	Índice
Normal	1
Anormal	2
Emergencial	3

Tabela 2 - Severidade

Meio Ambiente	Severidade (Se)		Índice
	Saúde e segurança		
Muito baixa para ocasionar um impacto no meio ambiente	Sem efeitos na saúde		1
Impacto baixo ou muito baixo sobre o meio ambiente	Efeitos reversíveis na saúde		2
	Lesão	temporariamente	
Prejuízo moderado ao meio ambiente	incapacitante		3
Sério prejuízo ao meio ambiente	Efeito na saúde irreversível		4
Há sérios riscos ao meio ambiente	Morte ou lesão incapacitante		5

Fonte: adaptado de Andrade e Turrioni (2001) e Bullock e Ignacio (2006)

Tabela 3 - Ocorrência

Ocorrência (O)	Índice
Uma vez a cada 05 anos	1
Uma vez por ano	2
Uma vez a cada semestre	3
Ocorrência mensal	4
Ocorrência diária	5

Tabela 4 - Grau de detecção

Grau de Detecção (D)	Índice
Os controles atuais certamente irão detectar, quase de imediato, que o aspecto e a reação podem ser instantâneos	1
Há alta probabilidade de que o risco seja detectado logo após a sua ocorrência, sendo possível uma rápida reação.	2
Há uma possibilidade moderada de que o risco seja detectado num período razoável de tempo antes que uma ação possa ser tomada e os resultados sejam vistos.	3
É improvável que o risco seja detectado ou levará um período razoável de tempo antes que uma ação possa ser tomada e os resultados sejam vistos.	4
O risco não será detectado em nenhum período razoável de tempo ou não há reação possível (condições operacionais normais).	5

Fonte: adaptado de Andrade e Turrioni (2001)

A classificação do NRP (Tabela 5) foi elaborada com base distribuição exponencial das categorias apresentada por Zeng et al (2010), entretanto, foram utilizados valores que se adequassem mais ao atual trabalho.

Tabela 5 - Gradação de risco ao meio ambiente, segurança e saúde ocupacional

Gradação do risco	Consequência	NRP
V	Catastrófica	$125 < \text{NRP}$
IV	Crítica	$75 < \text{NRP} \leq 125$
III	Significante	$40 < \text{NRP} \leq 75$
II	Baixa significância	$15 < \text{NRP} \leq 40$
I	Insignificante	$0 < \text{NRP} \leq 15$

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a avaliação dos riscos ocupacionais, foram considerados principalmente os trabalhos de Campos et al (2014), Cockell et al (2004), Zechin (2011), Paganella (2011), Colvero e De Souza (2016). Essas pesquisas analisaram uma maior abrangência de fontes de risco em unidades de triagem quando comparados a outros trabalhos. Além desses, consideraram-se também os trabalhos que não se debruçaram somente às unidades de triagem – Ferreira e Dos Anjos (2001) –, os que focaram na percepção de risco por parte dos catadores – Barbosa (2011), De Oliveira (2011) –, assim como os que apontam levantamentos sobre os acidentes e efeitos na saúde decorrentes da atividade estudada – Almeida et al (2009). Destaca-se também a pesquisa de Cussioli et al (2006), que quantificaram um total de 5,5% de resíduos potencialmente infectantes em uma massa de resíduo sólido urbano da regional sul de Belo Horizonte/MG.

Riscos de ordem psicossocial, como o “desconforto ao trabalhar com ‘restos’ e material ‘sujo’ e ‘fétido’” apontado por Cockell et al (2004), não foram objeto da presente análise. Estes riscos possuem um intrínseco caráter subjetivo, sendo controversa a sua avaliação por meio de matrizes que buscam indexar os riscos elencados.

A Tabela 6 apresenta uma análise integrada de risco ambiental e ocupacional nas unidades de triagem descritas na bibliografia encontrada.

Tabela 6 - Análise de risco integrado de uma central de triagem de resíduos sólidos urbanos (continua)

Item	Aspecto/Perigo	Risco ocupacional	Impacto ambiental	Si	Se	O	D	NRP	Gradação	Consequência	Categoria
1	Esmagamento (prensa hidráulica)	Mutilação	-	3	5	3	2	90	IV	Crítico	Saúde e segurança
2	Ruído (prensa hidráulica)	Perda de audição (permanente ou parcial), cefaleia, tensão nervosa, estresse e hipertensão	Perturbação do sossego público, potencialmente prejudicial à saúde da população	1	4	5	3	60	III	Significante	Saúde, segurança e meio ambiente
3	Incêndios	Queimaduras, óbito	Poluição atmosférica, impacto no solo	3	5	2	3	90	IV	Crítico	Saúde, segurança e meio ambiente
4	Consumo de energia	-	Impactos associados à geração de energia	1	1	5	2	10	I	Insignificante	Meio Ambiente
5	Consumo de matéria prima	-	Impactos associados à extração da matéria prima	1	1	5	2	10	I	Insignificante	Meio Ambiente
6	Vibração	Efeitos neurológicos, vasculares e musculoesqueléticos	-	1	2	5	5	50	III	Significante	Saúde e segurança
7	Instalações elétricas inadequadas	Choque provocando queimaduras, óbito	-	2	5	2	2	40	III	Significante	Saúde e segurança
8	Presença de perfurocortantes na massa de resíduo	Cortes com potencial contração de doenças infecciosas	-	2	4	5	5	200	V	Catastrófico	Saúde e segurança
9	Piso inadequado	Quedas provocando lesões e possíveis fraturas	-	2	2	3	3	36	II	Baixa significância	Saúde e segurança
10	Excesso de peso	Lombalgia	-	2	4	3	3	72	III	Significante	Saúde e segurança
11	Movimentos repetitivos	Lesão por esforços repetitivos	-	2	2	3	3	36	II	Baixa significância	Saúde e segurança
12	Espaço inadequado	Desconforto, influência no trabalho e no bem estar	-	2	2	5	3	60	III	Significante	Saúde e segurança
13	Temperaturas inadequadas	Desconforto térmico, influência no trabalho e no bem estar	-	2	1	4	3	24	II	Baixa significância	Saúde e segurança

Si: Situação; Se: Severidade; O: Ocorrência; D: Grau de Detecção; NRP: Número de Risco Prioritário

Tabela 6 - Análise de risco integrado de uma central de triagem de resíduos sólidos urbano (continua)

Item	Aspecto/Perigo	Risco ocupacional	Impacto ambiental	Si	Se	O	D	NRP	Gradação	Consequência	Categoria
14	Excesso de umidade oriunda das condições climáticas ou resíduos contendo líquidos	Desconforto térmico, influência no trabalho e no bem estar	-	1	1	5	3	15	II	Baixa significância	Saúde e segurança
15	Excesso de horas no trabalho	Desconforto, influência no trabalho e no bem estar	-	2	2	4	3	48	III	Significante	Saúde e segurança
16	Postura inadequada	Lombalgia	-	2	4	3	3	72	III	Significante	Saúde e segurança
17	Presença de roedores e outros animais vetores	Contração de doenças infecciosas	Contração de doenças infecciosas	2	4	3	4	96	IV	Crítico	Saúde, segurança e meio ambiente
18	Contaminação por microorganismos patogênicos	Contração de doenças infecciosas	-	2	4	3	4	96	IV	Crítico	Saúde e segurança
19	Dispersão de poeira no esvaziamento para início da triagem	Doenças respiratórias	Poluição atmosférica	1	3	5	5	75	IV	Crítico	Saúde, segurança e meio ambiente
20	Gases oriundos da exaustão dos veículos durante a carga de materiais	Doenças respiratórias	Poluição atmosférica	1	2	5	5	50	III	Significante	Saúde, segurança e meio ambiente
21	Chumbo (pilhas estouradas ou com vazamento, embalagens de inseticidas)	Comprometimento do sistema nervoso central, hematopoiético, renal, gastrointestinal, cardiovascular, muscoesquelético e reprodutor (BRASIL, 2006)	Contaminação do solo e da água subterrânea	2	4	2	5	80	IV	Crítico	Saúde, segurança e meio ambiente

Si: Situação; Se: Severidade; O: Ocorrência; D: Grau de Detecção; NRP: Número de Risco Prioritário

Tabela 6 - Análise de risco integrado de uma central de triagem de resíduos sólidos urbanos

Item	Aspecto/Perigo	Risco ocupacional	Impacto ambiental	Si	Se	O	D	NRP	Gradação	Consequência	Categoria
22	Vapor de Mercúrio (Resíduos de lâmpadas fluorescentes, termômetro, pilhas ou baterias estouradas ou com vazamento)	Mercurialismo, absorção e acumulação, úlceras, necrose renal	Bioacumulação, contaminação ar e água	2	4	2	5	80	IV	Crítico	Saúde, segurança e meio ambiente
23	Cloro (embalagens de produtos de limpeza)	Irritante para os olhos, podendo causar irritação na pele e mucosas	Contaminação do solo e da água	1	3	4	5	60	III	Significante	Saúde, segurança e meio ambiente
24	Emissão de odores	Trabalhador - Desconforto, náusea, dores de cabeça, vômitos, problemas respiratórios, problemas psicológicos, perda de apetite, insônia e alta irritabilidade (NICELL, 2009)	População - Desconforto, náusea, dores de cabeça, vômitos, problemas respiratórios, problemas psicológicos, perda de apetite, insônia e alta irritabilidade (NICELL, 2009)	2	3	5	2	60	III	Significante	Saúde, segurança e meio ambiente
25	Geração de óleo lubrificante usado ou contaminado (OLUC)	Potencial carcinogênico	Contaminação do solo e da água	1	4	3	3	36	II	Baixa significância	Saúde, segurança e meio ambiente
26	Vapores de solventes (embalagens de produtos que contenham hidrocarbonetos)	Toxicidade crônica (potencial lesão da medula óssea, rins, fígado e nervos periféricos)	Contaminação do solo e da água subterrânea	1	4	4	5	80	IV	Crítico	Saúde, segurança e meio ambiente

Si: Situação; Se: Severidade; O: Ocorrência; D: Grau de Detecção; NRP: Número de Risco Prioritário

Foram elencados um total de 26 riscos, sendo 8% enquadrados como insignificantes, 15% com baixa significância, 42% como significantes, 31% como críticos e 4% como catastróficos. Dentre os que apresentaram maior Número de Risco Prioritário, encontra-se o manuseio de resíduos perfurocortantes (catastrófico). Esse risco está consonante ao disposto por Ferreira e Dos Anjos (2001). Os autores afirmam que os cortes com vidros caracterizam o acidente mais comum entre os trabalhadores das esteiras de catação de usinas de reciclagem. Oliveira (2011) apresenta que todos os catadores entrevistados em seu estudo já tiveram experiência com acidentes e doenças relacionados à ocupação na coleta de materiais recicláveis, sendo a mais comum os acidentes perfurocortantes.

Dentre os riscos críticos, destacam-se os oriundos da presença de roedores e outros animais vetores de doenças, além da contaminação por microorganismos patogênicos. No manuseio de resíduos durante a triagem, muitas doenças podem ser transmitidas, podendo ser ressaltadas as do trato intestinal e o vírus causador da hepatite, principalmente do tipo B, assim como micro-organismos responsáveis por dermatites (PAGANELLA, 2011). A presença de fauna sinantrópica nas centrais de triagem foi relatada por diversos autores (ZECHIN, 2011; COCKELL et al, 2004; PAGANELLA, 2011; FERREIRA e DOS ANJOS, 2001; OLIVEIRA, 2011; GOUVEIA, 2012; ALMEIDA et al, 2009). Conforme Zechin (2011), mesmo na ausência de resíduos orgânicos, as embalagens vêm com resíduos de alimentos que atraem diversos vetores.

Riscos de acidentes envolvendo esmagamento pela prensa hidráulica, assim como a ocorrência de incêndios também foram classificados como críticos. Paganella (2011) descreve a existência de prensas antigas e sem as proteções em sua pesquisa, notando-se uma exposição diária dos catadores ao risco de esmagamento. Rennó (2010) também relata a inexistência de proteção na prensa hidráulica, o que não impede o risco de mutilação dos membros durante o trabalho. Zechin (2011) descreve a ocorrência de dois incêndios na cooperativa pesquisada, expondo a alta velocidade com a qual o fogo se espalhou em função da grande quantidade de material combustível presente.

Também foram classificados como críticos os riscos oriundos da presença de vapores de solventes em embalagens de produtos que contenham hidrocarbonetos, a dispersão de poeira no esvaziamento dos sacos para início da triagem, o chumbo originado das pilhas e das embalagens de inseticidas, além do vapor de mercúrio

advindo das lâmpadas fluorescentes, termômetros, pilhas ou baterias estouradas ou com vazamento. A presença de poeira pode ser causa de problemas respiratórios e pulmonares. Em estudo realizado no Rio de Janeiro, 10% dos catadores apresentaram doenças respiratórias (PORTO et al, 2004). Quanto ao risco ambiental oriundo da presença desses resíduos, Machione (2014) aponta o potencial causador de prejuízos ao meio ambiente pelos resíduos domiciliares perigosos.

Os ruídos oriundos da prensa hidráulica, a vibração do maquinário e as instalações elétricas inadequadas se destacam dentre os riscos significantes. Os ruídos em excesso durante as operações de gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos podem causar a perda de audição (permanente ou parcial), cefaleia, tensão nervosa, estresse e hipertensão arterial (FERREIRA e DOS ANJOS, 2001).

A maior parte dos riscos ergonômicos (carregamento de excesso de peso, trabalhar em espaço inadequado, realização de movimentos repetitivos e a adoção de posturas inadequadas) foi classificada como significativa. Porto et al (2004) identificou a dor nas costas como um dos principais sintomas referidos pelos catadores em sua pesquisa.

A emissão de odores, a presença de cloro nas embalagens e os gases oriundos da exaustão dos veículos durante a carga de materiais também foram classificados como fontes de risco significativa.

Considerando a priorização dos riscos identificados, verifica-se a necessidade de ações preventivas relacionadas a vários dos fatores levantados. Quanto à presença de perfurocortantes na massa de RSU, evidencia-se a influência da população na probabilidade de ocorrência de eventos danosos aos trabalhadores das centrais de triagem. Conforme Ferreira e Dos Anjos (2001), a principal causa dos acidentes com perfurocortantes é a falta de informação e conscientização da população em geral, que não demonstra preocupação em isolar os fragmentos de vidros quebrados dos resíduos apresentados à coleta domiciliar. Assim, a conscientização da população configura salvaguarda aplicável.

Além disso, pode-se considerar as seguintes indicações da LOHP/ILWU (2013): parar a esteira de triagem quando identificado um perfurocortante com potencial infectante: utilização de pinças por supervisores treinados para a remoção desses materiais, treinamento dos empregados, verificação da velocidade da esteira e quantidade de resíduo triado, e fornecimento de vacinas contra Hepatite B para os empregados.

A presença de roedores e outros animais vetores de doenças constitui risco ambiental e de saúde e segurança. Assim, a instalação de um programa de controle de roedores se mostra de suma importância. Além disso, a higienização do local de trabalho e a utilização de EPIs (luvas, uniforme, óculos de proteção e máscara) é fundamental (LOHP/ILWU, 2013). A instalação de refeitórios, a adoção de medidas de higiene pessoal e o estabelecimento de programas de treinamento sobre riscos também constituem medidas de controle (ALBIZU, 2008).

O risco de esmagamento pode ser mitigado com a observância da NR-12 do MTE, a qual estabelece as referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção para garantir a saúde e a integridade física dos trabalhadores, estabelecendo requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho nas fases de projeto e utilização de máquinas e equipamentos. A LOPHP/ILWU (2013) recomenda a instalação de barreiras nas partes móveis do maquinário, de modo a impedir que a mão ou vestimenta do trabalhador se aproxime dessas, assim como presença acionadores de paradas de emergência, e a proibição de utilização de roupas largas e joias.

Em decorrência do catastrófico risco de incêndio, observa-se a necessidade da realização de um Plano de Prevenção e Proteção Contra Incêndios de um centro de triagem, o qual deve propor salvaguardas adequadas à carga de incêndio dessas instalações.

Os resíduos perigosos, quando identificados durante a triagem, deverão ser segregados e armazenados em local para posterior correta destinação. O armazenamento deverá seguir o disposto pela NBR 12.235 (ABNT, 1992). As lâmpadas fluorescentes deverão ser armazenadas de modo que seja garantida a sua integridade para que sejam destinadas a empresas licenciadas para a realização da sua reciclagem. Os demais resíduos objetos da logística reversa (art. 33, Lei Federal nº 12.305/2010) deverão ser segregados pelos trabalhadores para ulterior destino que vise a efetivação desse instrumento. Tchobanoglous e Kreith (2002) indicam que a instalação de pisos de concreto que previnam a percolação dos poluentes no solo, assim como a triagem de resíduos secos e limpos anteriormente diminuem o potencial de contaminação da água subterrânea pelas usinas de triagem.

Verifica-se a influência da população na produção de resíduos perigosos, a qual é alvo de programas da Environmental Protection Agency dos Estados Unidos,

que tem como objetivo a diminuição dos riscos ambientais e de saúde relacionados ao gerenciamento desses resíduos (EPA, 1993). Ações de conscientização e divulgação da logística reversa à população constitui salvaguarda aplicável quando se observa o risco oriundo do manuseio de resíduos perigosos. Observa-se também aqui a necessidade da utilização de EPIs, de modo a evitar o contato dérmico e a inalação de substâncias nocivas aos trabalhadores.

Quanto à dispersão de poeiras oriunda da abertura dos sacos (risco crítico), indica-se a ventilação mecânica ou natural como forma de preservação da integridade da saúde do trabalhador, assim como a utilização de máscaras de proteção. Deve-se elaborar e administrar um Programa de Proteção Respiratória (PPR) conforme recomendações de Torloni (2016). Em casos de maiores valores de emissão de particulados, sistemas de coletas (como ciclones e filtros) podem ser utilizados como medidas de controle do impacto ambiental (TCHOBANOGLIOUS & KREITH, 2002).

Quanto ao odor, alterações no design do espaço de modo a evitar a excessiva acumulação dos resíduos por longos períodos, alternativas que envolvam o maior emprego de tecnologias – e.g. instalação de pavimentos que exerçam uma pressão negativa (TCHOBANOGLIOUS & KREITH, 2002) –, além das já mencionadas higienização do ambiente de trabalho, ventilação (natural ou artificial) e limpeza dos resíduos anteriormente à sua triagem são ações que exercem o controle dos odores.

Os riscos ergonômicos podem ser controlados através da previsão de adequação do mobiliário, além da aquisição de equipamentos para transporte dos materiais entre setores. Além disso, a instrução aos trabalhadores sobre técnicas de levantamento correto de peso, e orientações quanto à adoção de posturas corretas constituem medidas preventivas (ALBIZU, 2008).

O risco advindo do ruído do maquinário (significante) deverá ser gerenciado tendo em vista a saúde e segurança dos trabalhadores – atentando-se à elaboração de um Programa de Conservação Auditiva (PCA), o qual deverá considerar a NR-15 (MTE) e a NHO-01 (FUNDACENTRO, 2001) – e a saúde e bem-estar da população externa – observando-se a Resolução CONAMA nº 01/1990 (CONAMA, 1990) e a norma NBR 10.151 (ABNT, 2000). De um modo geral, pode-se afirmar que a redução desse risco pode ser realizada através de atenuações na fonte (possível troca de fonte geradora por outra menos ruidosa ou seu isolamento), na propagação

(afastamento da fonte geradora do receptor através de barreiras acústicas) ou no receptor (isolando o ambiente de trabalho).

A segregação dos resíduos na fonte constitui salvaguarda que abrange vários dos fatores de risco supracitados. A separação de recicláveis garante um ambiente de trabalho mais limpo, aumenta a qualidade da reciclagem e diminui os custos dos programas de reciclagem (CSIR, 2011).

É possível agrupar os controles dos fatores de risco ao meio ambiente, saúde e segurança nos 06 grupos apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Controle dos fatores de riscos ao meio ambiente e a saúde e segurança do trabalhador em unidades de triagem (continua)

Forma de controle dos fatores de risco elencados		Descrição
1	Conscientização à população	Acondicionamento dos perfurocortantes
		Correta destinação dos resíduos da saúde
		Estímulo à redução dos resíduos perigosos gerados nos domicílios
		Estímulo à segregação na fonte
		Adesão à logística reversa
2	Adequações na edificação	Instalação de refeitórios
		Sistema de prevenção e proteção contra incêndios
		Previsão de local para armazenamento de lâmpadas fluorescentes
		Previsão de local para armazenamento de resíduos perigosos
		Pisos impermeáveis de fácil limpeza e higienização
		Sistema de ventilação (natural ou mecânica), assim como (caso necessário) sistemas de coleta de material particulado
		Sinalização do espaço
Dimensionamento do espaço de modo a evitar a excessiva acumulação dos resíduos por longos períodos		
3	Adequações no maquinário, mobiliário e equipamentos	Acionamento para parada de emergência (no caso de triagem em esteiras)
		Fornecimento de pinças para a retirada de perfurocortantes com potencial de infecção
		Proteção das partes móveis do maquinário
		Adequação do mobiliário para cada trabalhador
		Aquisição de equipamentos para transporte dos materiais entre setores

Tabela 7. Controle dos fatores de riscos ao meio ambiente e a saúde e segurança do trabalhador em unidades de triagem (continuação)

Forma de controle dos fatores de risco elencados	Descrição
4 Gestão do galpão de triagem	Ações de higienização do espaço
	Controle e registro dos resíduos sólidos perigosos segregados
	Programa de Conservação Auditiva (PCA)
	Monitoramento do ruído externo
	Programa de Proteção Respiratória (PRP)
	Monitoramento da qualidade do ar externa
	Programa de Ergonomia
	Oferecer vacinas contra Hepatite B para os funcionários
5 Treinamento dos trabalhadores	Programa de controle de roedores
	Conscientização do risco
	Proteção e prevenção contra incêndio
	Identificação de resíduos perigosos e sua correta segregação
	Remoção de perfurocortantes potencialmente infectados do local de trabalho (esteira ou mesa)
	Orientações sobre medidas de higiene pessoal
	Operação da prensa hidráulica
6 Equipamentos de Proteção Individual e vestimentas dos trabalhadores	Correta utilização dos EPIs
	Proibição de utilizar joias, roupas e cabelos soltos
	Uniforme
	Máscara descartável
	Óculos de segurança
	Luvas
Protetor auricular	

## 5 CONCLUSÃO

Além dos impactos positivos associados às usinas de triagem, verificam-se uma série de impactos ambientais e riscos ocupacionais os quais devem ser objeto de avaliação. Assim, o presente trabalho realizou essa análise de maneira integrada, tendo em vista a condição laboral dos trabalhadores dos galpões de triagem, assim como os riscos ambientais inerentes ao armazenamento de resíduos sólidos.

A análise de risco integrada efetuada, baseada no FMEA, permitiu a identificação de 26 riscos à saúde e segurança do trabalhador e ao meio ambiente oriundos da atividade de triagem de resíduos sólidos urbanos. Os resultados apontaram o sinergismo entre gestão de saúde, segurança e meio ambiente ao apresentar a interseção de uma gama de aspectos e perigos que possuíam potencial de alteração de diferentes objetos. Evidenciou-se, assim, o caráter integrador da análise de risco.

Dentre os riscos elencados, a maioria (42%) foi classificada como significativa. O risco de cortes e contaminação oriundo do manuseio de perfurocortantes foi classificado pela metodologia como o risco mais elevado (catastrófico). Os demais foram classificados como críticos (31%), baixa significância (15%) e insignificantes (8%).

A classificação permitiu uma maior percepção sobre a prioridade dos riscos incidentes a saúde, segurança e meio ambiente nos centros de triagem do Brasil, possibilitando a priorização e o direcionamento de ações que busquem sua redução. Os maiores riscos deverão ser inicialmente priorizados em relação às medidas de controle. Aplicando-se o conceito de melhoria contínua presente nos sinérgicos Sistemas de Gestão Ambiental e Gestão de Saúde e de Segurança Ocupacional, os riscos com menor prioridade também deverão ser alvo de medidas que busquem sua redução.

Foram propostas 39 medidas de controle as quais foram agrupadas nos seguintes grupos: conscientização à população; adequações na edificação; adequações no maquinário, mobiliário e equipamentos; gestão do galpão de triagem; treinamento dos trabalhadores; e EPIs e vestimentas dos trabalhadores. Nesse sentido, verificou-se a influência da população na probabilidade da ocorrência de danos ao meio ambiente e à saúde dos trabalhadores, tendo suas ações efeito direto nas condições das usinas de triagem.

### **Integrated assessment of environmental impacts and occupational risks in material recovery facilities: literature review**

**Abstract:** The purpose of this study was to integrally evaluate the environmental impacts and occupational risks in material recovery facilities of Brazil. The integrated assessment – based on the synergy between environmental management and health and safety management – used the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) on the

main risks and impacts identified at the literature review. 26 risks and impacts were identified, of which 77% were classified as significant, critic or catastrophic. Several risks are arising from the same hazards, but related to different targets (environment, health and safety). Based on the assessment, 39 risk's control measures were proposed, approaching population's awareness, adequacy at edification, machines, furniture and equipment, management, training and individual protection equipment. It was found the direct influence of the population is a idiosyncrasy of the environmental impacts and occupational risks in the material recovery facilities.

Palavras-chave: Material recovery facilities. Occupational risk. Environmental impact. FMEA.

## REFERÊNCIAS

ALBIZY, E. J. Diretrizes para um centro de triagem de materiais recicláveis quanto ao ambiente construído em relação à segurança e saúde no trabalho: um estudo de caso no Guarituba, município de Piraquara, Região Metropolitana de Curitiba. Dissertação (Mestrado em Construção Civil). Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, 2008.

ALMEIDA, J. R.; ELIAS, E. T.; DE MAGALHÃES, M., A.; VIEIRA, A. J. Efeito da idade sobre a qualidade de vida e saúde dos catadores de materiais recicláveis de uma associação em Governador Valadares, Minas Gerais, Brasil. *Ciência & Saúde coletiva*. Rio de Janeiro, v. 14, n. 6, p. 2169-2179, 2009.

ANDRADE, M. R. S.; TURRIONI J. B. Uma metodologia de análise dos aspectos e impactos ambientais através da utilização da FMEA. v.25, n°.2, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil. São Paulo, 2013. 111p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 10151: Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 12235: Armazenamento de resíduos sólidos perigosos. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 14001 - Sistema de gestão ambiental: requisitos com orientação para uso. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

BARBOSA, M. Condições de trabalho em unidades de triagem de resíduos sólido em quatro cooperativas de Campinas, SP; caracterização e percepção de catadores. 2011. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2011.

BARCELOS, M. N.; PERES, A. P. PEREIRA, I. O.; CHAVASCO, L. S.; DE FREITAS, D. F. Aplicação do método FMEA na identificação de impactos ambientais causados pelo descarte doméstico de medicamentos. Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pilha, v. 8, n. 4, p. 062-068, 2011.

BESEN, G. R. Coleta seletiva com inclusão de catadores: construção participativa de indicadores e índices de sustentabilidade. Tese de doutorado em Saúde Pública. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da USP; 2011.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em: 17 jul. 2016.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos – 2014. Brasília, 2016. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2014>>. Acesso em: 17 jul. 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Ações Programáticas Estratégicas; Atenção à saúde dos trabalhadores expostos ao chumbo metálico. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2006. 48 p.

BULLOCK, W. H.; IGNACIO, J. S. A strategy for assessing and managing occupational exposures. AIHA, 2006.

CAMPANI, D. B.; COIMBRA, N. S.; FERNANDES, T. G.; BIRNFELD, E. F. Implementação dos sistema de gestão ambiental no prédio da engenharia mecânica – UFRGS. In: Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 30. Punta del Este, 2006.

CAMPOS, L.S.; COSTA, G.B; GROSSI, M.G.L.; PINTO, H.B.F; D'AQUI, R; MUTO, E.Y. Saúde e Segurança nas Centrais de Triagem de Resíduos Sólidos conveniadas com o Município de São Paulo. In: Artigos do Encontro Nacional Conhecimento e

Tecnologia: Inclusão Socioeconômica de Catadores de Materiais Recicláveis. 2014. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11451/1056>>. Acesso em: 24 out. 2016.

CLEMENS, P. L.; SIMMONS, R. J. System Safety and Risk Management: A Guide for Engineering Educators. Ohio: U.S. Department of Health and Human Services, 1998.

COCKELL, F. F.; DE CARVALHO, A. M. C.; CAMAROTTO, J. A.; BENTO, P. E. G. A Triagem de Lixo Reciclável: Análise Ergonômica da Atividade. Revista Brasileira de Saúde Ocupacional. São Paulo, 29 (110), p. 17-26, 2004.

COLVERO, D. A.; DE SOUZA, S. M. Avaliação de riscos ocupacionais aos catadores de materiais recicláveis: estudo de caso no município de Anápolis, Goiás, Brasil. Forum Internacional de Resíduos Sólidos, 7., 2016, Porto Alegre.

CUSSIOL, N. A. M.; ROCHA, G. H. T.; LANGE, L. C. Quantificação dos resíduos potencialmente infectantes presentes nos resíduos sólidos urbanos da regional sul de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. Cad. Saúde Pública. Rio de Janeiro, v. 22, n; 6, p. 1183-1191, 2006.

CSIR. Municipal waste management: good practices. Pretoria: CSIR, 2011. 76 p.

DE OLIVEIRA, D. A. M. Percepção de Riscos Ocupacionais em Catadores de Materiais Recicláveis: Estudo em uma Cooperativa em Salvador – Bahia. 2011. Dissertação (Mestrado em Saúde, Ambiente e Trabalho). Faculdade de Medicina da Universidade Federal da Bahia, Universidade Federal da Bahia, 2011.

DREW, C. H.; VAN DUIVENODEN, J.; BONNEFOY, X. Environmental health services in Europe 5: Guidelines for evaluation of environmental health services. Copenhagen: WHO Regional Publications, 1993. 185 p.

DE OLIVEIRA, B. M. G.; DA SILVA, L. M. C.; PEREIRA, M. D.; GONÇAVES, V. F. Orientações básicas para operação de usina de triagem e compostagem de lixo. Belo Horizonte: FEAM, 2006. 52 p.

DE VASCONSELOS, D. S. C.; DE MELO, M. B. F. V.; MESQUITA, A. M. O sinergismo entre a gestão da saúde e segurança ocupacional e a gestão ambiental na indústria da construção civil: uma proposta de pesquisa. XX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. São Paulo, 2010.

FERREIRA, J. A.; DOS ANJOS, L. A. Aspectos da saúde coletiva e ocupacional associados à gestão dos resíduos sólidos municipais. Cad. Saúde Pública. Rio de Janeiro, 17(3), p. 689-696, 2001.

FREITAS, L. F. D. S.; FONSECA, I. F. D. Diagnóstico sobre Catadores de Resíduos Sólidos. Brasília: IPEA, 2012. 63 p.

FUNDACENTRO. Norma de Higiene Ocupacional 01 – Procedimento Técnico – Avaliação da Exposição Ocupacional ao Ruído. São Paulo, 2001. 40 p.

GALBIATI, A. F. O Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos e a Reciclagem. 2005. Disponível em: < [http://www.amda.org.br/imgs/up/Artigo\\_15.pdf](http://www.amda.org.br/imgs/up/Artigo_15.pdf)>. Acesso em: 01 nov. 2016.

GARBIN, E. A. Aplicação da análise de modos e efeitos de falha – FMEA – para avaliação de riscos em uma fundição de ferro – setor de fusão. 2013. 60 folhas. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade Tecnológica do Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. Ciência & Saúde Coletiva. Rio de Janeiro, v. 17, n. 6, p. 1503-1510, 2012.

KAVIANIAN, H. R.; RAO, J. K.; BROWN, G. V. U.S. Application of hazard evaluation techniques to the design of potentially hazardous industrial chemical processes. Cincinnati, Ohio: Department of health and human services, 2002.

LABADOVÁ, A. Implementing integrated management systems using a risk analysis based approach. Journal of Cleaner Production, v. 12, p. 571 – 580, 2004.

LAYRARGUES, P.P. O cinismo da reciclagem: o significado ideológico da reciclagem da lata de alumínio e suas implicações para a educação ambiental. p. 179-219. In: Educação Ambiental: Repensando o Espaço da Cidadania. Ed. Cortez, 2002.

LIMA, J. D. Gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil. João Pessoa, 2001. 267 p.

LABOR OCCUPATIONAL HEALTH PROGRAM, INTERNATIONAL LONGSHORE AND WAREHOUSE UNION. Worker Safety in Recycling Facilities. 2013.

MACHIONE, E. C. Caracterização dos resíduos domiciliares perigosos presentes nos resíduos sólidos urbanos do município de Colina-SP. Revista Hispeci & Lema On-Line. Bebedouro, v. 5, n. 1, p. 102-119, 2014.

MANUAL de Análise de Riscos Industriais. FEPAM, 2016. Disponível em: <[http://www.fepam.rs.gov.br/central/formularios/arq/manual\\_risco.pdf](http://www.fepam.rs.gov.br/central/formularios/arq/manual_risco.pdf)>. Acesso em: 14 set. 2016.

COLTURATO, L. F. D. B. O estado da arte da tecnologia de metanização seca. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2015.

97 p. : il. – (Aproveitamento energético de biogás de resíduos sólidos urbanos; 1  
MELO, C. H.; GUEIROS JUNIOR, J. M. S.; MORGADO, C. R. V. Avaliação de riscos para priorização do plano de segurança. Congresso Nacional de Excelência em Gestão. Niterói, 2002.

MTE – Ministério do Trabalho e Emprego. Normas regulamentadoras. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>>. Acesso em: 14 set. 2016.

NICELL, J. A. Assessment and regulation of odour impacts. Atmospheric Environment, v. 43, n. 1, 2009, p. 196-206.

NOGUEIRA, A. C.; PERES, A. P.; CARVALHO, E. M. Avaliação do risco ambiental utilizando FMEA em um laticínio na região de lavras – MG. Revista Produção Online, v. 11, n. 1, p. 194-209, 2011.

NUNESMAIA, M. F. A gestão de resíduos urbanos e suas limitações. Revista Baiana de Tecnologia, Salvador, v.17, n. 01, p. 120-129, 2001.

OLIVEIRA, D. A. M. Percepção de riscos ocupacionais em catadores de materiais recicláveis: estudo em uma cooperativa em Salvador-Bahia. 2011. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011.

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Informe regional sobre la evaluación de los servicios de manejo de residuos sólidos municipales em la Región de América Latina y el Caribe. Washington, 2005. 119 p.

OHSAS 18001: 2007. Sistemas de gestão da segurança e da saúde do trabalho – Requisitos.

PAGANELLA, W. O. Reconhecimento e controle de riscos ambientais nas atividades de triagem de material reciclável. 2011. 30 f. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Especialização de Engenharia de Segurança do Trabalho) – Departamento de Energia Nuclear, Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

PINTO, A.; NUNES, I. L.; RIBEIRO, A. R. Occupational risk assessment in construction industry – Overview and reflection. *Safety Science*, v. 49, 616-624, 2011.

PORTO, M. F. S. Análise de risco nos locais de trabalho: conhecer para transformar. São Paulo: Instituto Nacional de Saúde no Trabalho, 2000.

PORTO, M. F. S.; FREITAS, C. M. Análise de riscos tecnológicos ambientais: perspectivas para o campo da saúde do trabalhador. *Caderno Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 13, supl. 2, p. 59 – 72, 1997

RENNÓ, V. M. Avaliação de riscos de acidentes ocupacionais na unidade de triagem e compostagem de resíduos sólidos em Turvolândia – MG. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Sistemas de Produção na Agropecuária). Universidade José do Rosário Vellano, 2010.

RIO GRANDE DO SUL. Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio Grande do Sul: 2015 – 2034. 2015. Disponível em: <<http://www.pers.rs.gov.br/noticias/arq/ENGB-SEMA-PERS-RS-40-Final-rev01.pdf>>. Acesso em: 07 ago. 2016.

SÁNCHEZ, L. H. Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

SEGAWA, A.; YOSHIKAWA, S.; TOYAMA, T.; NAKANISHI, H.; KIKUCHI-UEHARA, E.; HIRAO, M.; SUGIYAMA, H. Method for reducing environmental, health and safety risks in active pharmaceutical ingredient manufacturing based on multiobjective evaluation. *Process Safety and Environment Protection*, 2016.

SENNA, A. J. T.; ALVES, R. R.; DOS SANTOS, N. R.; COSTA, F. L. Determinação do índice de risco ambiental das instalações de uma unidade de uma instituição federal multicampi de ensino superior. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Digital*, Santa Maria, v. 18, n. 1, p. 555-565, 2014.

STAMATIS, D. H. Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution. Milwaukee: ASQ Quality Press, 2003.

SILVA, S. P.; GOES, F. L.; ALVAREZ, A. R. Situação social das catadoras e dos catadores de material reciclável e reutilizável – Brasil. Brasília: IPEA, 2013.

TCHOBANOGLOUS, G; KREITH, F. Handbook of Solid Waste Management. 2. ed. McGraw-Hill, 2002.

TORLONI, M. (coord). Programa de proteção respiratória: recomendações, seleção e uso de respiradores. 4. ed. São Paulo: Fundacentro, 2016. 209 p

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. Solid Waste Management. 2005.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Household Hazardous Waste Management: A Manual of One-Day Community Collection Programs. 1993.

WANG, Y.; CHENG, G.; HU, H.; WU, W. Development of a risk-based maintenance strategy using FMEA for a continuous catalytic reforming plant. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, v. 25, p. 958-965, 2012.

WATHERN, P. Environmental Impact Assessment: Theory and Practice. Routledge, 1988.

ZECHIN, V. M. Levantamento dos riscos ambientais em uma cooperativa de triagem de resíduos sólidos. 2011. 48 f. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Especialização de Engenharia de Segurança do Trabalho) – Departamento de Energia Nuclear, Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

ZENG, S. X.; TAM, C. M.; TAM, V. W. Y. Integrating Safety, Environmental and Quality Risks for Project Management Using a FMEA Method. Inzinerine