

# Análises de risco na operação de usinas de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos (REEE)

## *Risk analysis in the operation of waste electrical and electronic equipment recycling plants*

Marcelo Oliveira Caetano<sup>1</sup>   
Lucas Ganzer de Leon<sup>2</sup>   
Daiane Westhpal Padilha<sup>2</sup>   
Luciana Paulo Gomes<sup>1</sup>

**Como citar:** Caetano, M. O., Leon, L. G., Padilha, D. W., & Gomes, L. P. (2019). Análises de risco na operação de usinas de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos (REEE). *Gestão & Produção*, 26(2), e3018. <https://doi.org/10.1590/0104-530X3018-19>

**Resumo:** O manuseio de resíduos eletroeletrônicos (REEE), se executado de forma inadequada, possui grande potencial para causar severos danos ao meio ambiente e à saúde dos trabalhadores que executam estas tarefas. A identificação e avaliação de riscos ambientais, de saúde e segurança do trabalhador são ferramentas essenciais para prevenir acidentes e garantir um ambiente saudável. Embora no país exista extensa legislação acerca do assunto, não há por parte das empresas recicladoras, o reconhecimento e tratamento necessário dos riscos associados a estas atividades. Este trabalho, desta forma, propõe uma metodologia de levantamento e análise de riscos ambientais e de saúde e segurança ocupacional com o intuito de auxiliar as organizações na tomada de decisão, priorizando os riscos mais graves. Os resultados mostraram que a maioria dos impactos ambientais e dos riscos ocupacionais classificados como significativos estão relacionados às atividades de produção (processos de triagem e desmontagem de REEE). Contudo, o estudo revela que um ponto crítico de potencial impacto ambiental está vinculado às tarefas de transporte de REEE e de coprodutos. Já em relação à saúde do trabalhador, o Risco de Acidentes é destaque representando 69% do somatório dos graus de riscos identificados.

**Palavras-chave:** REEE; Riscos; Gerenciamento de risco; Impactos ambientais; Saúde de segurança no trabalho.

**Abstract:** *When inappropriately carried out, management of waste electrical and electronic equipment (WEEE) may potentially damage the environment and affect the health of workers. The identification and evaluation of environmental and occupational health risks are essential tools in the prevention of accidents and environmental protection. Despite extensive regulation, WEEE management organizations in Brazil fail to recognize the importance of appropriately address risks associated with their processes and activities. This study developed and tested a methodology to analyze environmental and occupational health risks. The aim was to produce a tool to help WEEE management organizations in decision-making in high priority scenarios. The results show that most environmental impacts and occupational risks classified as significant are associated with the production processes sorting and disassembly of WEEE. However, potential environmental impacts are associated with the transportation of WEEE and coproducts. Accident risks represented 69% of the sum of all risk levels associated with occupational health.*

**Keywords:** *WEEE; Risks; Risk management; Environmental impacts; Occupational health.*

## 1 Introdução

Conforme a *United Nations University* (UNU-IAS, 2015), os resíduos eletroeletrônicos (REEE) são considerados os que mais crescem no mundo. Em 2014, foram gerados 41,8 milhões de toneladas

de REEE no mundo, resultando uma média geral de 5,6 kg/hab.ano. A maior geração per capita é atribuída ao Continente Europeu (15,6 kg/hab.dia). Seguido da Oceania (15,2 kg/hab.dia), América do

<sup>1</sup> Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil – PPGEC, Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, Av. Unisinos, 950, CEP 93022-750, São Leopoldo, RS, Brasil, e-mail: mocaetano@unisinos.br; lugomes@unisinos.br

<sup>2</sup> Laboratório de Saneamento Ambiental, Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, Av. Unisinos, 950, CEP 93022-750, São Leopoldo, RS, Brasil, e-mail: lgldeleon@gmail.com; daipadilha@gmail.com

Recebido em Mar. 21, 2017 - Aceito em Jan. 6, 2018

Suporte financeiro: Nenhum.

Norte (12,2 kg/hab.dia), América Latina (6,6 kg/hab.dia), Ásia (3,7 kg/hab.dia) e África (1,7 kg/hab.dia).

Em relação ao Brasil, de acordo com Souza et al. (2016), o elevado crescimento da geração de REEE também é uma realidade. Conforme UNU-IAS (2015), é estimada uma geração nacional de 1,4 milhões de toneladas de REEE. Isto representa cerca de 7 kg/hab.ano

Estes índices estão atribuídos à velocidade do desenvolvimento tecnológico destes equipamentos (Cucchiella et al., 2015). Segundo Chi et al. (2011), outro fator a ser considerado na geração de REEE é a contribuição do mercado ilegal dos produtos eletroeletrônicos. Isto ocorre devido às dificuldades que os Órgãos Regulamentadores e Fiscalizadores têm para controlar o comércio ilegal destes produtos.

Assim, com o intuito de buscar melhor controle para gerenciamento de REEE, em 2003, os países da União Europeia implementaram um tratado objetivando a não geração, o reaproveitamento dos equipamentos, a reciclagem e alternativas de reaproveitamento dos REEE para outros fins. Estipulou-se uma meta de redução de resíduo eletroeletrônico de 4kg/hab.ano, a qual foi alcançada pela maioria dos países participantes do tratado (Ylä-Mella et al., 2015).

Este incentivo deve-se à presença de metais preciosos na composição dos REEE com alto potencial de reciclagem. No entanto, embora materiais valiosos, estes também representam certo grau de periculosidade no manuseio e risco de contaminação ambiental.

Como exemplo, o estudo de Tanskanen (2013) investigou os componentes dos celulares da Nokia e verificou o potencial financeiro de reciclagem deste tipo de resíduo. Segundo o autor, a fabricação dos equipamentos da Nokia é composta dos seguintes materiais: 27% Liga de Ferro, 27% Termoplásticos, 15% Bateria, 11% Liga de Cobre, 8% Vidro e Cerâmica, 5% Termofixos e borrachas, 3% Liga de Magnésio, 4% outros materiais.

No entanto, devido à falta de instalações, altos custos trabalhistas e regulamentação ambiental, os países desenvolvidos tendem a não reciclar os REEE. Em vez disso, estes são depositados em aterros ou exportados aos países em desenvolvimento, para serem reciclados (Cobbing, 2008).

A China, por exemplo, conforme a pesquisa de Zheng et al. (2013), além de receber 70% dos REEE produzidos no mundo, também está entre os maiores produtores deste tipo de resíduo. Neste aspecto, Li et al. (2013) destacam a rota fonte de geração-destinação dos REEE e a relação entre os países desenvolvidos e os em desenvolvimento.

A questão relevante aqui é que, devido a normalizações mais brandas relativas a proteção ambiental, saúde e segurança do trabalho, os países em desenvolvimento assumem um enorme passivo. Nestes locais, estas atividades laborais são usualmente executadas sem

nenhuma ou pouca preocupação com a saúde e segurança do trabalhador (Cobbing, 2008).

De acordo com Carvalho & Silva (2002), dentre os riscos ambientais de importância, o contato manual direto com o REEE é um risco químico que deve ser avaliado porque o organismo é propenso a absorver tais substâncias tóxicas. Isto pode ser agravado se o trabalhador possuir algum ferimento na pele, visto que isto é a via de infecção.

Da mesma forma, em relação à proteção ambiental, existe pouca preocupação no manuseio, tratamento e destinação final destes resíduos, segundo Cobbing (2008). O incorreto manuseio e destinação final de REEE possui uma relação direta com os impactos ambientais como contaminação do solo, das águas superficiais e subterrâneas. Logo, isto representa riscos à saúde da população do entorno, conforme mencionado nos estudos de Widmer et al. (2005) e Kiddee et al. (2013).

O estudo de Robinson (2009) cita a cidade de Guyu na China como exemplo da degradação ambiental. Nessa região, a consequência do gerenciamento inadequado dos REEE foi a alteração da qualidade do solo, água e ar pela presença de metais pesados, dioxinas e furanos, os quais superaram os níveis de contaminação estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde. Isto também promoveu a contaminação dos alimentos produzidos nesta área. Além da contaminação do meio ambiente, a situação de risco à saúde dessa população é agravada, pois, aproximadamente, 80% das famílias possuem um representante que trabalha com reciclagem de REEE em condições inadequadas, segundo Robinson (2009).

Ainda na China, Zheng et al. (2013), Li et al. (2011) e Chi et al. (2011) também relatam, em suas pesquisas, graves ocorrências de despreocupação com questões ambientais e de saúde do trabalhador. Agrava-se ainda o fato de que, nesse país, a reciclagem ocorre em oficinas construídas nas áreas rurais, sem infraestrutura adequada. E, a atividade movimenta, aproximadamente, 20 milhões (vinte) de trabalhadores.

No Brasil, no âmbito ambiental, há vasta legislação e normas técnicas aplicáveis a licenciamento ambiental e ao gerenciamento de resíduos sólidos. Especificamente sobre REEE, destaca-se a Lei 12.305 (Brasil, 2010) que no artigo 33 obriga fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de equipamento eletroeletrônico, a estruturar e programar sistemas de logística reversa.

No aspecto saúde e segurança do trabalho, a gama de legislação e normas aplicáveis não é diferente. Há extensa lista de normas que podem ser aplicadas a trabalhos relacionados ao gerenciamento de REEE. Destaca-se a Portaria 3218 (Brasil, 1978) e suas normas regulamentadoras (NR). Especificamente sobre identificação, análise e controle de riscos a NR nº 9 é referência. Conforme legislação, as Organizações

devem elaborar, implantar e monitorar seus Programas de Riscos Ambientais (PPRA).

Com relação a ferramentas para gerenciamento de riscos possíveis de serem utilizadas, cita-se a Análise de Decisão por Multicritérios. Em grande parte dos artigos na literatura relacionados a gerenciamento de resíduos sólidos, esta técnica é aplicada por pesquisadores para tomada de decisões quanto a: 1) seleção de melhores áreas para pontos de entrega voluntária, tratamento e/ou destinação de resíduos sólidos (Achillas et al., 2010; Souza et al., 2016; Chaudhary & Vrat, 2017); 2) definição das melhores tecnologias de tratamento e/ou destinação de resíduos sólidos (Madadian et al., 2013); 3) comparação de materiais para desenvolvimento de produtos sustentáveis (Meyer & Katz, 2016); 4) avaliação da melhoria do desempenho (Yeh & Xu, 2013; Wibowo & Deng, 2015).

A análise de decisão por multicritérios também é tema da pesquisa de Herva & Roca (2013). Estes apresentam uma análise das vantagens da combinação das ferramentas: pegada ecológica, avaliação do ciclo de vida e avaliação de risco ambiental. Conforme os autores, juntas estas técnicas são capazes de determinar os principais aspectos da sustentabilidade ambiental, como o esgotamento de recursos, impactos ambientais e preservação da saúde humana. A conclusão é que a aplicação combinada destas técnicas produz análises mais abrangentes, envolvendo questões relevantes para tomadas de decisão.

Neste contexto, este artigo baseou-se nos conceitos de uma análise de decisão por multicritérios, para desenvolver uma metodologia integrada de levantamento e análise de riscos ambientais e de saúde e segurança ocupacional. Com isso, a ferramenta busca auxiliar

as organizações na tomada de decisão, priorizando os riscos mais graves ou considerados significativos.

## 2 Metodologia

Este trabalho é caracterizado como estudo de caso e pesquisa quantitativa. Diferente de outros ramos industriais, comerciais e serviços; em que a aplicação de uma metodologia integrada de identificação e análise de riscos é constantemente empregada; em empresas de gerenciamento de REEE esta técnica é rara ou inexistente. Esta então, é a contribuição desta pesquisa.

### 2.1 Unidade de análise e seleção do caso

A empresa objeto de estudo de caso está localizada no município de Campo Bom, Rio Grande do Sul, distante 57 km de Porto Alegre, capital do Estado. Fundada em outubro de 2008, a empresa surgiu com o intuito de realizar o adequado tratamento dos REEE e posterior envio dos materiais ou resíduo para empresas parceiras especializadas na reciclagem ou reaproveitamentos do que foi coletado pela empresa. No momento da pesquisa, a empresa possuía 7 (sete) funcionários trabalhando nas instalações.

A organização tem como atividade principal o comércio atacadista de resíduos e sucatas metálicas, conforme o Cadastro Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) nº 46.87-7-03. De acordo com a Norma Regulamentadora NR 4 (Brasil, 1978), o Grau de risco é classificado como 3 (três). A empresa é dividida em dois setores, o administrativo e o de produção. A Figura 1 apresenta os processos básicos da empresa que foram levados em consideração na determinação das matrizes de risco aplicadas.

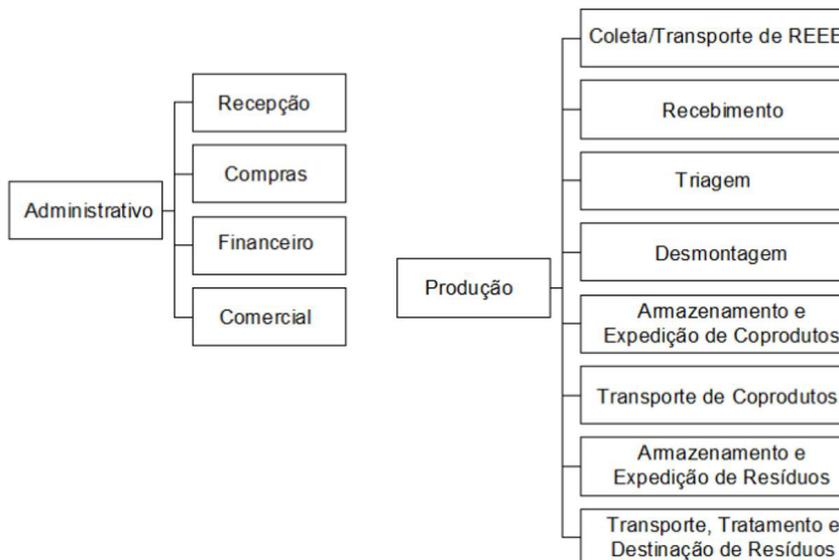


Figura 1. Processos básicos da empresa estudo de caso.

Consideram-se processos de produção desde a coleta dos resíduos nos pontos geradores até o tratamento ou destinação final dos resíduos. Após a coleta dos REEE, realiza-se o Recebimento que se refere à área de entrada dos REEE coletados, na qual é feita a quantificação e registro dos resíduos. Logo, os REEE seguem para a etapa de triagem, ou seja, é realizada a atividade de segregação dos materiais em grandes grupos, tais como: monitor, CPU, *notebook*, celulares, *tablets*, aparelhos de DVD, CD, cabos, etc.

O processo de separação e desmontagem refere-se à separação minuciosa de itens com potencial de reciclagem e outros com necessidade de tratamento e/ou destinação adequada. Nesta etapa, ocorre a desmontagem de gabinetes de computador e Hds, por exemplo.

E o processo de expedição refere-se à etapa em que o material permanece em estoque, aguardando a liberação para o transporte de coprodutos separados e prontos para serem comercializados às empresas parceiras ou para serem encaminhados ao destino final. Os materiais segregados e comercializados pela empresa são basicamente: materiais plásticos, metais e placas eletrônicas.

## 2.2 Identificação dos aspectos e impactos ambientais, riscos e danos à saúde

A partir do mapeamento dos processos da empresa estudo de caso, fez-se a identificação de todos os aspectos e impactos ambientais associados às atividades da empresa conforme determinado pelo requisito 6.1.2 da NBR ISO 14001 (ABNT, 2015). Esta identificação levou em consideração aspectos emergenciais e rotineiros como: consumos, gerações, emissões, vazamentos, derramamentos e incêndios.

A identificação dos riscos e danos à saúde dos trabalhadores foi avaliada para todos os processos conforme determina o requisito 4.3.1a da norma OHSAS 18001 (BSI, 2007). E adotou-se a seguinte nomenclatura para os riscos de SSO: riscos de acidentes, ergonômicos, físicos, químicos e biológicos.

Para possibilitar a integração das metodologias, considerou-se a relação causa-efeito. Assim, o aspecto ambiental representa a causa e o impacto ambiental de potencial efeito no meio ambiente. Da mesma forma, para saúde ocupacional, o risco foi considerado como causa e os danos são os possíveis efeitos na saúde do trabalhador.

## 2.3 Avaliação dos aspectos e impactos ambientais, riscos e danos à saúde

Para a avaliação dos aspectos e riscos, foram utilizadas 4 (quatro) variáveis: situação operacional, abrangência, severidade e frequência/probabilidade. A metodologia desenvolvida baseou-se nos documentos do Sistema de Gestão Ambiental da Unisinos (SGA, 2017), nas

pesquisas de Moraes et al. (2010) e Vasconcelos et al. (2015). A seguir estes filtros são detalhados.

Cabem algumas ressalvas/observações em relação à metodologia de risco utilizada:

- a) Foi escrita considerando as condições específicas da empresa estudo de caso, assim considerando o perfil do usuário;
- b) A aplicação e validação da metodologia foi executada por equipe multidisciplinar composta pelos pesquisadores e diretores da empresa estudo de caso;
- c) É uma metodologia que leva em consideração probabilidades e severidades de riscos específicas da empresa. Além de opiniões e interpretações da equipe multidisciplinar envolvida na análise. Em função disto, a avaliação é considerada subjetiva e passível de divergências conforme alteração da equipe de avaliação;
- d) Assim, replicar a metodologia para outros casos é viável, desde que seja executada a avaliação prévia deste usuário.

### 2.3.1 Situação operacional

O critério denominado situação operacional representa a relação das atividades rotineiras, não rotineiras e emergenciais da empresa com cada aspecto ambiental e/ou risco à SSO. A pontuação foi associada com os requisitos apresentados no Quadro 1.

### 2.3.2 Abrangência

Este critério é o que indica o alcance do potencial impacto ambiental e/ou do nível de atendimento médico necessário no caso de danos à saúde do

Quadro 1. Requisitos para situação operacional.

Pontuação	Descrição
Normal (0)	Situações esperadas e relacionadas com a rotina operacional. Ex.: consumo de energia elétrica.
Anormal (5)	Eventos não rotineiros, com risco de ocorrência e com potencial de causar danos leves/moderados ao meio ambiente e/ou à saúde do trabalhador. Ex.: Pequenos vazamentos.
Emergencial (10)	Eventos inesperados que podem ocasionar danos graves ao meio ambiente e/ou à saúde do trabalhador. Ex.: Incêndio, Vazamentos, Derramamentos, Explosão.

trabalhador. As características deste critério estão estabelecidas no Quadro 2.

### 2.3.3 Severidade

O critério severidade representa a gravidade da alteração e a reversibilidade do impacto/risco à SSO. No Quadro 3 apresenta-se a pontuação dos critérios.

### 2.3.4 Probabilidade de ocorrência

Este critério está relacionado com a periodicidade ou probabilidade de ocorrência do aspecto ambiental e riscos à SSO. Para pontuação neste critério, utilizaram-se dados primários e secundários coletados: 1) frequência de utilização de recursos naturais, emissões, lançamentos e gerações na empresa; 2) histórico de

acidentes de trabalho e emergências; 3) frequência de exposição a riscos ambientais (físicos, químicos, biológico, acidentes e ergonômicos). No Quadro 4 estão as considerações em relação ao critério de probabilidade.

### 2.4 Priorização dos aspectos e impactos ambientais, riscos e danos à saúde

A definição da priorização dos riscos ambientais e de SSO foi determinada através do modelo apresentado na Equação 1 a seguir.

$$GR = \Sigma(SO, ABR, SEV, FREQ) \quad (1)$$

em que: GR = Grau de Risco; SO = Situação Operacional; ABR = Abrangência; SEV = Severidade; FREQ = Frequência.

**Quadro 2.** Requisitos para Abrangência.

Pontuação	Descrição	
	Meio Ambiente (MA)	Saúde e Segurança ocupacional (SSO)
Local (1)	Impactos locais. Ex.: Pequenos vazamentos.	Atendimento ambulatorial e/ou pela própria equipe da empresa. Ex.: tonturas, pressão baixa, dores nas costas, torções.
Próxima (2)	Impactos que ultrapassam o local de ocorrência, mas restrito aos limites da empresa. Ex.: Princípios de incêndio.	Transporte com automóvel convencional e atendimento em Hospital Municipal. Ex.: cortes superficiais e fraturas leves.
Intermediária (3)	Impactos ultrapassando os limites da empresa até 100km do seu entorno. Ex.: contaminação devido a destinação inadequada de resíduos.	Transporte com ambulância e atendimento em Hospital Regional. Ex.: amputações, intoxicação grave, quedas com lesões nas costas.
Afastada (4)	Impactos que ultrapassam os 100km de entorno da empresa. Ex.: consumo de energia elétrica, destinação de resíduos perigosos para fora do Estado.	Ações em que haja necessidade de remoção do acidentado para outros estados/país. Ex.: Lesões graves no sistema respiratório, mucosas e pele. Câncer ocupacional.

**Quadro 3.** Requisitos para Severidade.

Pontuação	Descrição	
	Meio Ambiente (MA)	Saúde e Segurança ocupacional (SSO)
Leve (1)	Impactos facilmente reparáveis e de baixo custo. Ex.: Pequeno vazamento de óleo na empresa.	Problemas de saúde ocupacional sem afastamento do trabalho. Ex.: tonturas e dores de cabeça leves.
Moderada (2)	Impactos gerados nos limites da empresa com recuperação ou mitigação utilizando estrutura interna da empresa. Ex.: Princípio de Incêndio.	Lesões e/ou problemas de saúde ocupacionais, com efeitos reversíveis ou com possibilidade de recuperação, que gerem afastamento inferior a 15 dias.
Grave (3)	Impacto dentro dos limites da empresa, cessa com recuperação ou mitigação utilizando estrutura interna e/ou externa da Empresa. Ex.: Contaminação por derramamento de Resíduos Classe I.	Lesões e/ou sérios problemas de saúde ocupacionais, com efeitos reversíveis ou com possibilidade de recuperação, que gerem afastamento superior a 15 dias.
Severo (4)	Impactos ambientais irreversíveis e/ou que necessitam de uma estrutura externa à Empresa a fim de que haja uma recuperação ou mitigação do impacto. Ex.: Incêndio de grandes proporções.	Fatalidades, lesões ou doenças ocupacionais irreversíveis graves que diminuam significativamente a condição de vida. Ex.: Óbito entre trabalhadores, câncer ocupacional, doenças agudas fatais ou doenças sistêmicas.

O Quadro 5 apresenta a definição dos graus de riscos e prioridade de ação. Foram considerados aspectos/impactos ambientais e riscos à SSO significativos, todos aqueles classificados com grau de risco Moderado e Crítico.

### 3 Resultados e discussões

Os resultados estão apresentados e discutidos da seguinte forma: 1) resultados relacionados ao levantamento de aspectos e impactos ambientais aplicados à empresa estudada; 2) resultados referentes

ao levantamento de riscos e danos à saúde e segurança ocupacional; 3) correlação e controle dos riscos ambientais e de SSO.

#### 3.1 Aspectos e impactos ambientais gerados pelos processos

O levantamento e análise de aspectos e impactos ambientais gerados pelas atividades e processos da empresa em estudo foi compilado em Matrizes de Riscos conforme o Quadro 6.

**Quadro 4.** Requisitos para probabilidade.

Pontuação	Descrição
Extremamente remota (1)	Evento que nunca ocorre em uma empresa ou com probabilidade de ocorrência maior que 1 ano. Ex.: Incêndio, Óbito.
Remota (2)	Evento que ocorre ou com possibilidade de ocorrer uma vez ao ano na empresa. Ex.: Acidentes com afastamento superior a 15 dias.
Possível (3)	Evento com ocorrências ou probabilidade de ocorrer mensalmente na empresa. Ex.: Envio de resíduos classe I para tratamento/destinação externo.
Frequente (4)	Evento que ocorre ou com probabilidade de ocorrer semanalmente na empresa. Ex.: Consumo de combustível.
Muito frequente (5)	Evento que ocorre ou com probabilidade de ocorrer diariamente na empresa. Ex.: consumo de energia elétrica, má postura (ergonomia).

**Quadro 5.** Definição do grau de risco, significância e prioridade de ação.

Pontuação	Grau de Risco	Prioridade de Ação
$GR \geq 15$	Crítico (Significativo)	Prioridade (1) de ação em curto prazo (6 meses)
$9 < GR < 15$	Moderado (Significativo)	Prioridade (2) de ação é em médio prazo (12 meses).
$GR \leq 9$	Desprezível (Não Significativo)	Prioridade (3) de ação a longo prazo (até 24 meses)

**Quadro 6.** Trecho da Matriz de Risco para identificação e análise de aspectos e impactos ambientais do processo produtivo Desmontagem.

Identificação		Análise e Significância						
Aspecto / Risco à SSO	Impacto / Dano	SO	ABR	SEV	FREQ	GR	Prioridade	Significância
Consumo de energia elétrica	Redução da disponibilidade de recursos naturais não renováveis ou escassos	0	4	5	3	12	2	S
Geração de discos de corte, pilhas, baterias, etc.	Contaminação hídrica	0	3	5	3	11	2	S
	Contaminação do solo	0	3	5	3	11	2	S
Geração de REEE	Contaminação hídrica	0	3	5	3	11	2	S
	Contaminação do solo	0	3	5	3	11	2	S
Incêndio	Alteração da qualidade do ar	10	2	1	3	16	1	S
	Contaminação hídrica	10	2	1	3	16	1	S
	Contaminação do solo	10	2	1	3	16	1	S
	Efeito estufa - emissão de CO <sub>2</sub>	10	2	1	3	16	1	S
	Risco ao patrimônio	10	2	1	3	16	1	S
Somatório do "GR" para este Trecho da Matriz						136 pontos		

No total, foram elaboradas 9 matrizes para atendimento aos processos descritos anteriormente na Figura 1. O Quadro 7, apresenta a quantidade de aspectos e impactos identificados e a análise de significância.

Dos totais apresentados no Quadro 7, 17 aspectos foram considerados Críticos com prioridade de ação a curto prazo. Todos foram identificados como situação operacional emergencial. Incluem, por exemplo: incêndio, derramamento de resíduos por acidente de trânsito e emissões atmosféricas por quebra de monitor.

Dos aspectos significativos, mas classificados como “moderado” (prioridade de ação a médio prazo), pode-se citar: consumo de energia elétrica, geração de REEE e emissões atmosféricas devido à utilização de combustível (diesel).

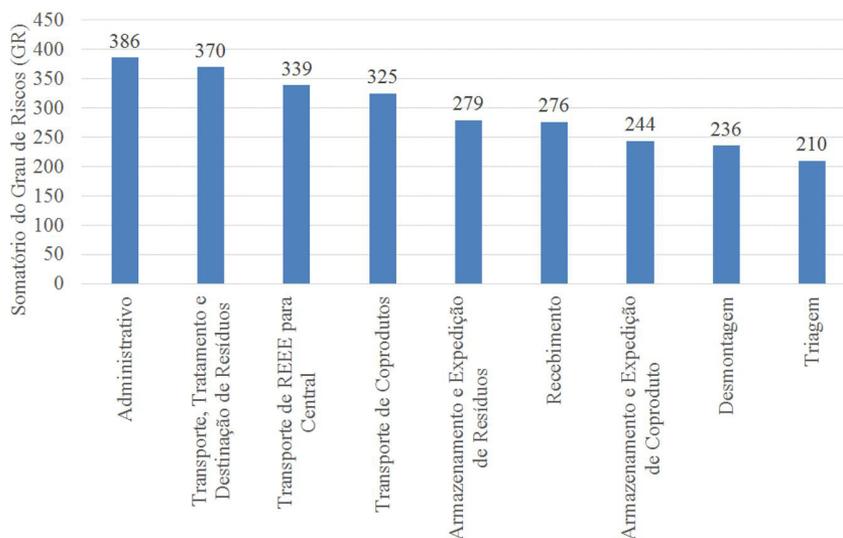
Embora o Quadro 7 demonstre que a maioria dos aspectos ambientais significativos (em porcentagem) esteja relacionada aos processos de produção (Triagem e Desmontagem, em que 50% dos aspectos ambientais são

considerados significativos), considerando o somatório de todos os Graus de Risco (GR) apresentados pela Equação 1, observa-se que o processo administrativo soma 386 pontos, sendo a maior pontuação obtida (Figura 2).

O destaque para o processo administrativo, deve-se à faixa de aspectos ambientais que possuem potencial de ocorrer. Embora, não considerado grave se comparado aos processos de produção, no setor administrativo foram identificados aspectos de consumo relacionados a: energia elétrica, EEE, cartucho de tintas, plásticos, papel, água, lâmpadas fluorescentes, combustível, óleo lubrificante, pneus e peças (uso de veículo). Além de geração de resíduos, efluentes e emissões provenientes destes consumos. E, por fim, ainda foram identificados e analisados impactos relacionados a potenciais emergências como: acidentes com veículo, derramamento de combustíveis e incêndio. Alguns destes, principalmente aqueles relacionados a veículos, não ocorrem dentro do processo produtivo.

**Quadro 7.** Análise dos aspectos e impactos ambientais para os processos na empresa estudo de caso.

Processo	Aspectos Ambientais Identificados	Aspectos Ambientais Significativos
Administrativo	26	05 (19%)
Transporte de REEE para Central	19	05 (26%)
Recebimento	16	06 (38%)
Triagem	10	05 (50%)
Desmontagem	12	06 (50%)
Armazenamento e Expedição de Coproduto	14	05 (36%)
Armazenamento e Expedição de Resíduos	14	05 (36%)
Transporte de Coprodutos	18	03 (17%)
Transporte, Tratamento e Destinação de Resíduos	19	04 (21%)
Total	148	44 (30%)



**Figura 2.** Apresentação das pontuações obtidas pelo somatório dos Graus de Riscos (Aspectos/Impactos Ambientais) para cada processo produtivo identificado.

No mesmo sentido, os processos da Organização que também possuem grande pontuação estão todos relacionados ao transporte de REEE e/ou transporte de coprodutos. Isto confirma que um dos pontos críticos no gerenciamento de riscos ambientais de uma Organização envolve os deslocamentos rodoviários, sistema de transporte de cargas usual no país atualmente. O processo de transporte de produtos, coprodutos e resíduos também foi destaque no levantamento de aspectos e impactos ambientais para realização de uma análise de ciclo de vida apresentado por Moraes et al. (2010).

Já, uma análise da proporção de aspectos ambientais identificados nos processos da empresa estudo de caso, por categoria, mostra que o grupo Gerações representa 38% (1022 pontos) do total de pontos obtidos com o somatório dos Graus de Risco (GR) calculados pela Equação 1. Na sequência estão: Incêndio (28% - 740 pontos), Consumos

(19% - 519 pontos), Derramamentos/Vazamentos (10% - 258 pontos) e Emissões (5% - 126 pontos). Esta análise também demonstra a importância do controle de aspectos relacionados à geração de resíduos e efluentes no segmento industrial analisado por esta pesquisa. Os impactos ambientais relacionados a estes aspectos são alteração da qualidade do solo e da água. Os mesmos impactos ambientais destacados no estudo de Robinson (2009).

### 3.2 Riscos e danos gerados pelos processos

Para o levantamento de riscos e danos, foram geradas 9 matrizes de levantamento aplicável ao estudo de caso apresentado. O Quadro 8 apresenta o trecho da matriz de riscos para o processo de produção Desmontagem.

O Quadro 9 apresenta os resultados obtidos considerando todas as análises de riscos ocupacionais para cada processo levantado.

**Quadro 8.** Trecho da Matriz de Risco para identificação e análise de riscos à SSO do processo de produtivo Desmontagem.

Identificação		Análise e Significância						
Aspecto / Risco à SSO	Impacto / Dano	SO	ABR	SEV	FREQ	GR	Prioridade	Significância
Risco de acidentes: incêndio	Queimadura, morte	10	3	0	4	17	1	S
Risco de acidente: trabalho com superfícies pontiagudas e cortantes	Cortes superficiais e profundos	5	3	5	3	16	1	S
Risco de acidente: projeção de partículas nos olhos	Cortes, lesão ocular e cegueira	5	3	5	3	16	1	S
Risco ergonômico: levantamento de pesos	Distensão muscular, lombalgia	0	2	5	2	9	3	N
Risco químico: exposição a gases tóxicos (quebra de monitor ou outro REEE)	Problemas respiratórios	5	2	2	3	12	2	S
Risco químico: contato manual REEE contaminados	Dermatite irritação na pele	0	2	5	3	10	2	S
Somatório do "GR" para este Trecho da Matriz							80 pontos	

**Quadro 9.** Análise dos riscos e danos à saúde ocupacional para os processos na empresa estudo de caso.

Processo	Riscos identificados	Riscos Significativos
Administrativo	09	06 (67%)
Transporte de REEE para Central	12	07 (58%)
Recebimento	15	09 (60%)
Triagem	15	09 (60%)
Desmontagem	16	10 (63%)
Armazenamento e Expedição de Coproduto	15	09 (60%)
Armazenamento e Expedição de Resíduos	15	10 (67%)
Transporte de Coprodutos	12	07 (58%)
Transporte, Tratamento e Destinação de Resíduos	12	07 (58%)
Total	121	74 (61%)

O processo com o maior número de riscos significativos com prioridade de ação a curto prazo foi a Desmontagem. Do total de 15 riscos identificados, 6 destes (40%) foram classificados como críticos. Todos foram classificados como riscos de acidentes: incêndio; descargas atmosféricas; choque elétrico; trabalho com superfícies pontiagudas e cortantes; trabalho com materiais pesados e projeção de partículas nos olhos.

A Figura 3 a seguir mostra o somatório dos graus de risco, calculados somando todos os “GR” apresentados pela Equação 1, por processo produtivo identificado. Novamente o destaque é para o processo Desmontagem, visto que foi a maior pontuação obtida. Isto relata o potencial de riscos ao trabalhador ocupado nesta atividade produtiva.

Na análise da Figura 3, percebe-se que os processos com maiores pontuações estão relacionados à área produtiva. Segundo o levantamento realizado, verificou-se que o trabalhador que atua neste processo está exposto a riscos de acidentes, tais como: cortes, esmagamentos, queda de mesmo nível e níveis diferentes, projeção de partículas no corpo e olhos e choque elétrico.

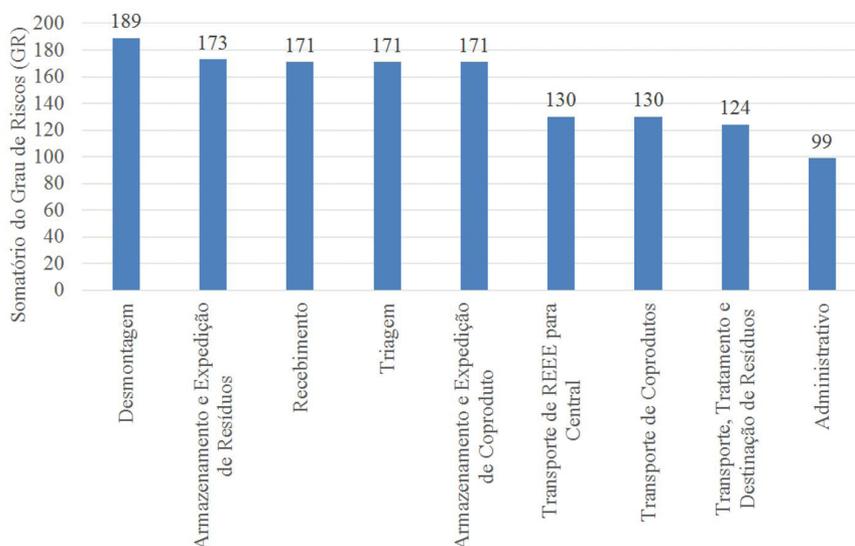
Além desses, os riscos físicos (ruído e vibração) e exposição a riscos químicos (contato manual com contaminantes e inalação de gases tóxicos provenientes da quebra de monitores). E, por fim, os riscos ergonômicos relacionados à postura de trabalho e levantamento de peso. Esta quantidade de riscos, associados ao manuseio REEE, justifica a preocupação com a saúde dos trabalhadores, conforme mencionada no estudo de Cobbing (2008), Carvalho & Silva (2002), Robinson (2009), Zheng et al. (2013), Li et al. (2011) e Chi et al. (2011).

É relevante também mencionar a possibilidade dos riscos associados conforme descreve Carvalho & Silva (2002). Considerando o risco com o manuseio de materiais perfurocortantes (os REEE comumente possuem arestas vivas e/ou materiais com potencial de promover cortes superficiais e profundos), é possível concluir que, adicionalmente, o contato manual com alguns materiais usualmente encontrados em REEE (como metais pesados, por exemplo) podem maximizar o dano à saúde do trabalhador. Esta combinação de riscos, então, é um fato que justifica medidas de controle adequadas para tarefas relacionadas ao gerenciamento de REEE no país.

Ainda sobre este mesmo aspecto, em uma avaliação por grupo de riscos à SSO na empresa estudo de caso, somando todos os “GR” de todos os processos produtivos, foi possível perceber que a maior pontuação obtida ocorreu na categoria “Riscos de Acidentes”. Esta pontuação foi de 934 pontos, representando 69% do total. Na sequência, destacam-se as categorias “Riscos Ergonômicos” com 196 pontos (14%); “Riscos Químicos” com 129 pontos (9%); e “Riscos Físicos” com 99 pontos (7%).

### 3.3 Correlação e controle dos riscos ambientais e de SSO

A correlação entre o mapeamento integrado dos riscos ambientais e de SSO, comparando os Quadro 7 e 9, destacou o processo de produção - etapas de triagem e desmontagem - como aquelas com um dos maiores índices de riscos identificados e classificados como significativos. Coerentemente, nestas atividades, há maior manipulação dos resíduos pelos trabalhadores e uma maior utilização de ferramentas manuais e



**Figura 3.** Apresentação das pontuações obtidas pelo somatório dos Graus de Riscos (Riscos à SSO) para cada processo produtivo identificado.

equipamentos. Além disso, é a etapa mais minuciosa do gerenciamento de REEE, já que é necessária uma maior atenção na segregação de potenciais materiais para reciclagem.

Como impactos ambientais relevantes para as etapas de triagem e desmontagem, pode-se citar os impactos originados de aspectos emergenciais: alteração da qualidade do ar (emissões atmosféricas devido à quebra de monitores e telas de computadores); alteração da qualidade do solo, água e ar (potenciais incêndios originados por problemas elétricos). Também impactos ambientais originados de aspectos rotineiros como: redução da disponibilidade de recursos naturais (consumo de energia elétrica) e alteração da qualidade do solo e da água (geração de resíduos sólidos classe I - Perigosos).

Os controles ambientais necessários, buscando uma redução dos impactos supracitados e destacados pelas pesquisas de Robinson (2009), Cobbing (2008), Widmer et al. (2005) e Kiddee et al. (2013), indicados são: 1) Utilização de equipamento com cabine estanque para desmontagem de telas e monitores de computador; 2) Atendimento à Norma Regulamentadora NR 10 (Brasil, 1978), com relação a projetos elétricos das instalações, memoriais descritivos e de cálculo, diagramas unifilares, prontuário, capacitações, etc.; 3) Utilização de energias alternativas renováveis como placas solares, por exemplo; 4) elaboração e implantação do plano de gerenciamento de resíduos sólidos que especifique todas as etapas do gerenciamento destes. Envolvendo desde a geração, até necessidades de armazenamento, coleta, transporte e, principalmente; tecnologias de tratamento e destinação final dos resíduos sólidos classe I.

Com relação aos danos à saúde dos trabalhadores, destacam-se: 1) riscos de incêndio e descargas atmosféricas (queimaduras e morte); 2) riscos de acidentes como choque elétrico (queimadura e morte), trabalho com superfícies pontiagudas e cortantes (cortes superficiais e profundos), trabalho com materiais pesados (cortes e esmagamentos), projeção de partículas nos olhos (lesão ocular e cegueira); 3) riscos químicos como exposição a gases tóxicos de quebras de monitores e telas (problemas respiratórios) e contato manual com materiais contaminados (dermatites e irritações na pele).

Os riscos de acidentes de trabalho nesta etapa produtiva em destaque são preocupantes. No país, não existe um levantamento de acidentes de trabalho específico para REEE. Contudo o último anuário de acidentes de trabalho (Brasil, 2015) mostrou que, em 2014, ocorreram 722.474 acidentes de trabalho típicos, de trajeto e/ou doenças do trabalho no Brasil, considerando todas as atividades econômicas. Os registros na área de resíduos sólidos (que engloba coleta, tratamento, disposição final, recuperação de materiais e descontaminação) mostram 10.259 acidentes de trabalho neste mesmo ano, sendo 134 incapacidades permanentes e 36 óbitos.

O elevado número e a gravidade dos acidentes ocorridos neste segmento requerem melhorias na identificação, análise e controle de riscos ocupacionais. Para a categoria “Riscos de Acidentes”, a mais grave identificada por esta pesquisa considerando-se o potencial de causar acidentes e/ou doenças ocupacionais, verificou-se a necessidade imediata de serem adotadas medidas de controle relacionadas à proteção do trabalhador. Além de ações gerenciais, como o mapeamento de riscos, também são necessárias outras ações: para proteção de máquinas, capacitações e equipamentos de proteção coletiva e individual.

Para o risco químico, exposição a gases provenientes de quebra de telas e monitores, a utilização de equipamento específico para a atividade (controle sugerido para atendimento ao aspecto ambiental emissões atmosféricas) pode reduzir significativamente este risco também. Com relação ao contato manual, item de preocupação também relatado por Carvalho & Silva (2002), a curto prazo, sugere-se a utilização de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), luvas impermeáveis e resistentes a cortes. Contudo, um controle efetivo seria a automatização do processo de triagem e desmontagem.

Um controle gerencial integrado que atende aos riscos ambientais e de SSO classificados como “crítico” é uma rotina de identificação, atendimento e controle de emergências. Um procedimento com seleção de potenciais cenários, fluxos de atendimento e relato de situações emergenciais. Deve incluir ainda: equipe capacitada, planejamento e execução de simulados relacionados aos cenários identificados.

Por fim, cabe a definição dos controles relativos ao processo de transporte de produtos, coprodutos e resíduos. Esta atividade é destacada por esta pesquisa e também relatada no trabalho de Moraes et al. (2010).

Além de parte integrante dos cenários identificados no procedimento de emergências anteriormente detalhado, deve-se garantir a qualificação dos fornecedores que executam estas atividades de transporte. Inclui um controle de documentação legal (autorização e licenças de transporte de produtos perigosos, licenças ambientais, habilitação e capacitação do motorista, sinalização de veículo, etc.); controle de manutenção de frota (registros e planejamento de manutenções preditivas, preventivas e corretivas) e ainda inspeção visual no carregamento e descarregamento (listas de verificação com requisitos ambientais e de SSO como: existência e validade de extintor; condições do cinto de segurança, de pneus, sinalização, válvulas, EPIs; etc.).

## 4 Considerações finais

O gerenciamento de riscos é uma ferramenta essencial para eliminação ou minimização de incertezas sobre uma organização. Serve como embasamento para priorização das principais ameaças ou oportunidades,

podendo ser utilizado pelos gestores para tomada de decisão.

No segmento de empresas na área de resíduos sólidos, levantamentos como este são raros ou inexistentes. Este fato pode estar relacionado à maturidade das organizações, ou escassez de recursos, sejam humanos ou econômicos.

O fato é que a utilização de metodologia integrada de identificação e análises de riscos, é um tema latente nas organizações. A atualização e modernização das normas ISO aplicadas a sistemas de gestão, associados às legislações mais restritivas, promovem uma reflexão cada vez maior sobre a necessidade de relacionar gestão ambiental e de saúde e segurança do trabalhador.

Desta forma, esta pesquisa utilizou como fonte de dados uma organização que presta serviços na área de gerenciamento de resíduos eletroeletrônicos. A partir disso, promoveu uma metodologia integrada de gerenciamento de riscos ambientais e de SSO. Os resultados proporcionaram determinar os riscos com necessidade de priorização, auxiliando os gestores na tomada de decisão.

Como principais conclusões, o estudo mostrou:

- Que o processo de produção, mais especificamente as etapas de triagem e desmontagem se destacam com um dos maiores índices de riscos identificados e classificados como significativos;
- Preocupante número de aspectos ambientais considerados significativos, relacionados à atividade de transporte de produtos, coprodutos e resíduos;
- Aspectos ambientais emergenciais classificados como graves, relacionados a incêndios e vazamentos/derramamentos;
- Para o levantamento de riscos e danos, um destaque para o grupo denominado “Riscos de Acidentes”. Ao somar todos os “GR” de todos os processos produtivos, verificou-se que este grupo obteve a maior pontuação. Foram 934 pontos, o que representa 69% do total. Estão incluídos: riscos de incêndio e descargas atmosféricas; choque elétrico, trabalho com superfícies pontiagudas e cortantes, trabalho com materiais pesados e projeção de partículas nos olhos;
- Destaque também para os riscos químicos: exposição a gases tóxicos de quebras de monitores e telas (problemas respiratórios) e contato manual com materiais contaminados (dermatites e irritações na pele).

Como principais métodos de controle para os riscos identificados são sugeridos:

- Utilização de equipamento, com cabine estanque, para desmontagem de telas e monitores de computador;
- Atendimento à Norma Regulamentadora NR 10 (Brasil, 1978), com relação a instalações elétricas;
- Utilização de energias alternativas renováveis, como placas solares;
- Elaboração e implantação do plano de gerenciamento de resíduos sólidos perigosos;
- Utilização de Equipamentos de Proteção Individual para atividades de triagem e desmontagem: luvas impermeáveis e para proteção contra cortes;
- Capacitações abordando identificação de riscos, utilização de equipamentos de proteção e prevenção de acidentes de trabalho;
- Procedimento para identificação, ação e controle de emergências;
- Qualificação de fornecedores de serviços de transporte de produtos, coprodutos e resíduos.

## Referências

- Achillas, Ch., Vlachokostas, Ch., Moussiopoulos, N., & Baniyas, G. (2010). Decision support system for the optimal location of electrical and electronic waste treatment plants: a case study in Greece. *Waste Management*, 30(5), 870-879. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2009.11.029>. PMID:20031385.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. (2015). *NBR ISO 14001: sistema da gestão ambiental: requisitos com orientação para uso*. Rio de Janeiro: ABNT.
- Brasil. Ministério do Trabalho. (1978, 6 de julho). *Portaria GM n° 3.214, de 8 de junho de 1978. Aprova as Normas Regulamentadoras - NR - do Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas a Segurança e Medicina do Trabalho*. Brasília, DF: Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Recuperado em 21 de janeiro de 2017, de <http://trabalho.gov.br/index.php/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>
- Brasil. (2010, 3 de agosto). *Lei n° 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n. 9605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências*. Brasília, DF: Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Recuperado em 21 de janeiro de 2017, de [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/12305.htm)
- Brasil. Ministério da Fazenda. Secretaria da Previdência Social. (2015). *Anuário estatístico da previdência social*. Brasília. Recuperado em 21 de janeiro de 2017, de <http://www.previdencia.gov.br/dados-abertos/dados-abertos-previdencia-social>

- British Standards Institution – BSI. (2007). *BSI OHSAS 18001: occupational health and safety management systems: specification*. London: BSI.
- Carvalho, S. M. L., & Silva, M. G. C. (2002). Preliminary risk analysis applied to the handling of health-care waste. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 19(4), 377-381. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-66322002000400004>.
- Chaudhary, K., & Vrat, P. (2017). Optimal location of precious metal extraction facility (PMEF) for E-waste recycling units in National Capital Region (NCR) of India. *Opsearch*, 54(3), 441-459. <http://dx.doi.org/10.1007/s12597-016-0287-0>.
- Chi, X., Streicher-Porte, M., Wang, M. Y., & Reuter, M. A. (2011). Informal electronic waste recycling: a sector review with special focus on China. *Waste Management*, 31(4), 731-742. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2010.11.006>. PMID:21147524.
- Cobbing, M. (2008). *Toxic tech: not in our backyard: uncovering the hidden flows of e-waste*. Amsterdam: Greenpeace International. Recuperado em 21 de janeiro de 2017, de <http://www.greenpeace.org/international/Global/international/planet-2/report/2008/2/not-in-our-backyard.pdf>
- Cucchiella, F., D'Adamo, I., Koh, S. C. L., & Rosa, P. (2015). Recycling of WEEEs: an economic assessment of present and future e-waste streams. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 51, 263-272. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.06.010>.
- Herva, M., & Roca, E. (2013). Review of combined approaches and multi-criteria analysis for corporate environmental evaluation. *Journal of Cleaner Production*, 39, 355-371. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.07.058>.
- Kiddee, P., Naidu, R., & Wong, M. H. (2013). Electronic waste management approaches: an overview. *Waste Management*, 33(5), 1237-1250. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2013.01.006>. PMID:23402807.
- Li, B., Du, H. Z., Ding, H. J., & Shi, M. Y. (2011). E-waste recycling and related social issues in China. *Energy Procedia*, 5, 2527-2531. <http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2011.03.434>.
- Li, J., Lopez N, B. N., Liu, L., Zhao, N., Yu, K., & Zheng, L. (2013). Regional or global WEEE recycling: where to go? *Waste Management*, 33(4), 923-934. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2012.11.011>. PMID:23337392.
- Madadian, E., Amiri, L., & Abdoli, M. A. (2013). Application of analytic hierarchy process and multicriteria decision analysis on waste management: a case study in Iran. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 32(3), 810-817. <http://dx.doi.org/10.1002/ep.11695>.
- Meyer, D. E., & Katz, J. P. (2016). Analyzing the environmental impacts of laptop enclosures using screening-level life cycle assessment to support sustainable consumer electronics. *Journal of Cleaner Production*, 112, 369-383. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.05.143>.
- Moraes, C. A. M., Kieling, A. G., Caetano, M. O., & Gomes, L. P. (2010). Life cycle analysis (LCA) for the incorporation of rice husk ash in mortar coating. *Resources, Conservation and Recycling*, 54(12), 1170-1176. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.03.012>.
- Robinson, B. H. (2009). E-waste: an assessment of global production and environmental impacts. *The Science of the Total Environment*, 408(2), 183-191. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.09.044>. PMID:19846207.
- Sistema de Gestão Ambiental – SGA. (2017). *Procedimento de planejamento do SGA*. Porto Alegre: UNISINOS.
- Souza, R. G., Clímaco, J. C. N., Sant'Anna, A. P., Rocha, T. B., Valle, R. A. B., & Quelhas, O. L. G. (2016). Sustainability assessment and prioritisation of e-waste management options in Brazil. *Waste Management*, 57, 46-56. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2016.01.034>. PMID:26852754.
- Tanskanen, P. (2013). Management and recycling of electronic waste. *Acta Materialia*, 61(3), 1001-1011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.actamat.2012.11.005>.
- United Nations University – UNU-IAS. (2015). *eWaste in Latin America: statistical analysis and policy recommendations*. Tokyo: Institute for the advanced Study of Sustainability. Recuperado em 21 de janeiro de 2017, de <https://www.gsma.com/latinamerica/wp-content/uploads/2015/11/gsma-unu-ewaste2015-eng.pdf>
- Vasconcelos, F. M., Maia, L. R., Almeida, J. A., No., & Rodrigues, L. B. (2015). Riscos no ambiente de trabalho no setor de panificação: um estudo de caso em duas indústrias de biscoitos. *Gestão & Produção*, 22(3), 565-589. <http://dx.doi.org/10.1590/0104-530X0713-13>.
- Wibowo, S., & Deng, H. (2015). Multi-criteria group decision making for evaluating the performance of e-waste recycling programs under uncertainty. *Waste Management*, 40, 127-135. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2015.02.035>. PMID:25804333.
- Widmer, R., Oswald-Krapf, H., Sinha-Khetriwal, D., Schnellmann, M., & Böni, H. (2005). Global perspectives on e-waste. *Environmental Impact Assessment*, 25(5), 436-458. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eiar.2005.04.001>.
- Yeh, C., & Xu, Y. (2013). Sustainable planning of e-waste recycling activities using fuzzy multicriteria decision making. *Journal of Cleaner Production*, 52, 194-204. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.03.003>.
- Ylä-Mella, J., Keiski, R. L., & Pongrácz, E. (2015). Electronic waste recovery in Finland: consumers' perceptions towards recycling and re-use of mobile phones. *Waste Management*, 45, 374-384. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2015.02.031>. PMID:25797074.
- Zheng, J., Chen, K. H., Yan, X., Chen, S. J., Hu, G. C., Peng, X. W., Yuan, J. G., Mai, B. X., & Yang, Z. Y. (2013). Heavy metals in food, house dust, and water from an e-waste recycling area in South China and the potential risk to human health. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 96, 205-212. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2013.06.017>. PMID:23849468.