

ECOEFIÊNCIA, LOGÍSTICA REVERSA E A RECICLAGEM DE PILHAS E BATERIAS: REVISÃO

REVERSE LOGISTIC, RECYCLING AND ECO-EFFICIENCY OF THE BATTERIES: REVIEW

Andria Angélica Conte

Mestrado em Ciência e Tecnologia
Ambiental pela Universidade
Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR) – Curitiba (PR), Brasil.

Endereço para correspondência:

Andria Angélica Conte – Rua Conde
dos Arcos, 1800 – Lindóia –
81010-120 – Curitiba (PR), Brasil –
E-mail: andriaconte9@gmail.com

RESUMO

O artigo teve como objetivo fazer uma revisão sobre ecoeficiência, logística reversa, métodos de reciclagem e as rotas mais utilizadas para a recuperação dos materiais e componentes de pilhas e baterias exauridas. São evidenciadas as vantagens e desvantagens das rotas de processos de reciclagem mais comumente utilizados. Ressaltam-se também os riscos à saúde e ao meio ambiente por processos de lixiviação ou percolação dos compostos químicos existentes na composição desses sistemas eletroquímicos. São citadas as legislações da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e a Resolução nº 401 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de 4 de novembro de 2008, vigentes no Brasil. Este trabalho é apresentado por meio de uma pesquisa de artigos científicos publicados, suas características principais e conclusões, pelo período dos últimos sete anos e por material informativo de órgãos e instituições.

Palavras-chave: ecoeficiência; logística reversa; reciclagem de pilhas e baterias.

ABSTRACT

The article is a review on the eco-efficiency, reverse logistics, recycling methods and routes most used for the recovery of materials and components of dead batteries. The advantages and disadvantages of the most commonly used recycling processes' routes are evidenced. It also highlights the risks to health and the environment through processes of leaching or percolation of the chemical composition of these compounds in electrochemical systems. Relevant legislation, such as the National Solid Waste (PNRS) and the National Environmental Council (CONAMA), no. 401, of November 4, 2008, effective in Brazil, are cited. This article is presented through a survey of published scientific articles, its main characteristics and findings, for a period of seven years, as well as informative materials from competent institutions and bodies with recognized reliability.

Keywords: eco-efficiency; reverse logistic; recycling of the batteries.

INTRODUÇÃO

A necessidade de reverter os processos de degradação ambiental, em decorrência da produção e do consumo excessivos, e de buscar formas de desenvolvimento compatível com a conservação da natureza mostra-se como desafio dos tempos atuais, exigindo a conjunção de ações nos meios científicos e tecnológicos visando à diminuição dos impactos sanitários e ambientais.

Atualmente, pesquisas de melhoramentos de tecnologias e inovações tornaram-se obrigatórias, criadas por leis que determinam a preservação do meio ambiente e a saúde humana, pois

a significativa proliferação de eletroeletrônicos como iPads, ferramentas elétricas, brinquedos, câmaras fotográficas, iPods, filmadoras, telefones celulares, computadores, chips, aparelhos de som, instrumentos de medição e aferição, equipamentos médicos e muitos outros aumentou a utilização de uma grande variedade de pilhas e baterias cada vez menores, mais leves e com melhor desempenho. (KEMERICH *et al.*, 2012, p. 1680)

Conforme Silva *et al.* (2011), os primeiros alertas sobre os riscos de se descartar baterias e pilhas usadas com o resíduo comum surgiram na década de 1970, nos Estados Unidos da América. Em 1980, os países da Europa começaram a direcionar esforços na gestão de resíduos perigosos, o que motivou a busca por mecanismos de gerenciamento para diminuir os impactos sanitários e ambientais negativos causados.

No Brasil, somente no final da década de 1990 iniciou-se a preocupação por pilhas e baterias usadas. O país criou resolução específica (Resolução nº 257, de 22 de julho de 1999, do Conselho Nacional do Meio Ambiente — CONAMA) que dispõe sobre pilhas e baterias que continham mercúrio, chumbo e cádmio. Esta disciplinava o descarte e gerenciamento ambientalmente adequado de pilhas e baterias usadas no que tange à coleta, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final.

No entanto, essa medida, necessária e em vigor, mostrou-se insuficiente para solucionar na prática o problema do descarte correto das baterias usadas ou inservíveis, pois, analisando a Resolução nº 257, de 1999, não se constata a especificação de todos os tipos de pilhas e baterias existentes para diferenciar o modo de recolhimento, transporte e descarte, ocorrendo uma generalização sobre o assunto e gerando desinformação.

Com o passar dos anos, foi realizada uma revisão da Resolução nº 257 do CONAMA (2008) para Resolução nº 401, de 4 de novembro de 2008, que também estabelece os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio, critérios padrão para o gerenciamento ambiental e a devolução aos fabricantes e distribuidores. Do mesmo modo, observa-se a ineficiência em seu cumprimento, como nos tratos das questões que envolvem a recepção e reciclagem de todas as marcas existentes no mercado.

Segundo a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE, 2013), atualmente, no Brasil, são produzidas 800 milhões de pilhas e 17 milhões de baterias por ano, sendo 80% de pilhas secas (zinco e carbono) e 20% de pilhas alcalinas, e não há estimativas da quantidade de baterias e pilhas que são recolhidas e recicladas ou descartadas de forma correta.

Diante dos fatos, é visível e significativo o complexo problema socioambiental apresentado, visto que envolve o conhecimento e a participação da sociedade sobre as consequências sanitárias e ambientais ocasionadas pelo uso e descarte incorretos, como a falta de um sistema de controle que aborde produção, recolhimento, reutilização ou reciclagem e transporte desses produtos.

Assim sendo, esta pesquisa objetivou fazer uma revisão sobre a ecoeficiência, a logística reversa e os processos de reciclagem mais utilizados no Brasil e em outros países, suas vantagens e desvantagens referentes às pilhas e às baterias.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O artigo caracteriza-se por pesquisa bibliográfica dos últimos sete anos, relacionando artigos e periódicos científicos publicados no Brasil e em outros países, a atual Política Nacional Brasileira de

Resíduos Sólidos (PNRS), as Resoluções nº 257 e nº 401 do CONAMA e material informativo de órgãos, instituições competentes e de reconhecida confiabilidade.

Pilhas e baterias

As pilhas e baterias são de tamanho, formato e composição química diversificados. Podem ser fixas em aparelhos ou instrumentos ou removíveis. Divididas em primárias (pilhas descartáveis) e secundárias (baterias recarregáveis, também denominadas de acumuladores), surgiram pela popularização de eletroeletrônicos e permitem uso constante.

Para a caracterização de pilhas alcalinas e secas, pode-se conceituar como seca aquela que possui dois eletrodos, o de zinco (ânodo) e o de grafite (cátodo), em uma solução eletrolítica composta por cloreto de zinco ($ZnCl_2$), dióxido de manganês (MnO_2) e cloreto de amônio (NH_4Cl). A pilha alcalina é composta de ânodo de zinco poroso, imerso em solução constituída de hidróxido de potássio ou sódio, e de um cátodo de dióxido de manganês, envoltos por aço niquelado.

Pilhas, baterias e a saúde

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2004) publicou uma nova versão de sua norma NBR 10.004, sobre Resíduos Sólidos, especificando-os em três classes distintas: Classe I (perigosos), Classe II (não inertes) e Classe III (inertes).

Na Tabela 1 estão apresentados vários tipos de baterias e seus usos. Os dados são fornecidos pela Secretaria de Meio Ambiente do Paraná (SEMA, 2008).

Tenório & Espinosa (2010) citam que as pilhas secas e alcalinas constituem-se de zinco (Zn), grafite e dióxido de manganês (MnO_2), podendo também possuir mercúrio (Hg), chumbo (Pb), cádmio (Cd) e índio (In), para evitar a corrosão.

As baterias recarregáveis são, em sua maioria, de Ni-Cd (níquel-cádmio) e utilizadas em *notebooks*, telefones celulares e aparelhos sem fio. Pelo fato de possuírem cádmio, metal tóxico, foram desenvolvidas baterias recarregáveis de níquel-metal hidreto (NiMH) e as de íons de lítio, as quais apresentam grande vantagem quanto a sua densidade de energia, uma vez que o lítio é um elemento altamente reativo e armazena grande quantidade de energia em baterias leves e de pequeno porte.

Classe I - Resíduos perigosos: são aqueles que apresentam riscos à saúde pública e ao meio ambiente, exigindo tratamento e disposição especiais em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade. (ABNT, 2004, p.3,4)

Tabela 1 - Tipos de baterias e seus principais usos.

Tipos de baterias	Principais usos
Níquel-hidreto (recarregável)	Telefones celulares, telefones sem fio, filmadoras e <i>notebooks</i> .
Íon de lítio (recarregável)	Telefones celulares e <i>notebooks</i> .
Chumbo ácido (recarregável)	Indústrias, automóveis e filmadoras.
Níquel-cádmio (recarregável)	Telefone sem fio, barbeadores e aparelhos que utilizam baterias e pilhas recarregáveis.
Óxido de mercúrio	Instrumentos de navegação e aparelhos de instrumentação e controle.
Zinco-ar	Aparelhos auditivos.
Lítio	Agendas eletrônicas, calculadoras, relógios, computadores, equipamentos fotográficos.
Alcalinas (alcalina-manganês) e zinco-carbono	Rádios, gravadores, brinquedos e lanternas.

Fonte: Secretaria do Meio Ambiente do Paraná (SEMA), 2008.

Pilhas e baterias se enquadram nessa classificação, pois contêm em sua composição uma variedade de metais tóxicos, como cádmio, mercúrio, chumbo, lítio e outros componentes.

Silva & Rohlf (2010) alertam sobre esses metais que podem causar danos irreversíveis ao ser humano e outras formas de vida, como apresentado na Tabela 2.

Câmara *et al.* (2012) concluíram que as baterias de zinco-carbono e alcalinas que sofrem ações do intemperismo por mais de 30 dias apresentam corrosão e, por lixiviação, liberam chumbo, cádmio e mercúrio no meio em que se encontram.

Gazano, De Camargo e Flues (2009) realizaram estudo da lixiviação dos metais Cd (cádmio), Mn (manganês),

Ecoeficiência

O termo ecoeficiência foi criado em 2008 pelo *World Business Council for Sustainable Development (WBCSD)*, instituição que defende os princípios de crescimento econômico com desenvolvimento sustentável.

A ecoeficiência abrange uma série de ações e valores que envolvem a oferta de bens e serviços a preços competitivos com garantia da qualidade de vida e, ao mesmo tempo, que reduzam o impacto ecológico e a

Pb (chumbo) e Zn (zinco) provenientes de pilhas comuns, do tipo Zn-C, sobre uma coluna de solo. Os autores constataram que esses metais foram percolados e permaneceram no solo, podendo, dessa forma, comprometer a qualidade da água subterrânea.

Portanto, pilhas e baterias inservíveis e descartadas inadequadamente podem levar a consequências ambientais e de saúde preocupantes, pois tanto na água como em um aterro sanitário, por ação do intemperismo e de fatores físicos locais, sofrem a lixiviação de suas substâncias químicas, como metais tóxicos, que, conforme Günther (1998), podem ser repassados ao solo, à água, à atmosfera e conseqüentemente através da cadeia trófica.

utilização dos recursos naturais, para a preservação da vida no planeta.

Para isso, de acordo com o WBCSD (2000), sete elementos foram indicados para serem utilizados pelas empresas e indústrias com a finalidade de minimizar o consumo de recursos renováveis e não renováveis. São eles: redução da dispersão de substâncias tóxicas, redução do consumo de energia, aumento da reciclagem dos materiais, aumen-

Tabela 2 - Componentes comuns das pilhas e baterias e suas características relacionadas com toxicidade.

Componente	Características
Mercúrio	Quando em concentrações superiores aos valores normalmente presentes na natureza, surge o risco de contaminação ambiental, atingindo o ser humano e várias formas de vida. O mercúrio apresenta a qualidade de se combinar ao carbono em compostos orgânicos. Facilmente inalado e absorvido pelas vias respiratórias quando em suspensão; ingestão de alimentos contaminados e nos tratamentos dentários. No homem, causa prejuízos ao fígado e ao cérebro e distúrbios neurológicos.
Cádmio	A meia-vida do cádmio em seres humanos é de 20 a 30 anos. É bioacumulativo (rins, fígado e ossos), podendo levar a disfunções renais e osteoporose.
Chumbo	Causa anemia, neurite periférica (paralisia), problemas pulmonares sérios, encefalopatia (sonolência, convulsões, delírios e coma) e disfunção renal, quando inalado ou absorvido.
Lítio	Disfunção neurológica e renal; torna-se cáustico em contato com a pele e mucosas.
Manganês	Atinge o sistema nervoso, causando gagueira e insônia.
Níquel	Cancerígeno.

to da durabilidade dos produtos, aumento da intensidade do uso de produtos e serviços, maximização do uso de recursos renováveis e redução do consumo de materiais. Na Tabela 3 são apresentadas algumas publicações sobre ecoeficiência relacionadas às pilhas e às baterias.

O WBCSD (2000) informa também que a otimização dos processos de produção, a reengenharia, a ecoinovação, a produção mais limpa e a redução de custos são métodos que podem atingir a melhoria da qualidade de vida e a preservação do meio ambiente como um todo.

Fundada em Boston, EUA, no ano de 1997, a *Global Reporting Initiative* (GRI) tem, atualmente, sua sede na Holanda. É uma organização *multistakeholder*, sem fins lucrativos, que desenvolve uma estrutura de relatórios de sustentabilidade adotada por cerca de mais de mil organizações no mundo e alinha-se à Declaração Universal dos Direitos Humanos, ao pacto global, aos objetivos do desenvolvimento do milênio, aos padrões ISO e aos índices de sustentabilidade empresarial (GREEN-MOBILITY, 2008).

Tabela 3 - Publicações sobre ecoeficiência de pilhas e baterias.

Autor	Características	Conclusões
Nunes & Bennett (2010)	Trata da ecoeficiência de produtos como <i>ecodesign</i> , cadeias de fornecimento e logística reversa de componentes e baterias de automóveis e aponta estratégias de produção sustentável e políticas de consumo para contribuir com o meio ambiente.	Conclui que as baterias utilizadas em automóveis constituídas de níquel e cádmio devem ser substituídas por baterias de lítio por possuírem ciclo de vida mais longo; serem mais leves e possuir maior capacidade de armazenamento de energia.
Georgi-Maschler <i>et al.</i> (2012)	Descrevem sobre as baterias constituídas de lítio-íon; o aumento de sucata pela substituição das baterias comumente utilizadas e o circuito fechado realizado pelas empresas.	Para a inovação de tecnologias limpas deve ser considerada a sustentabilidade ambiental e econômica. As baterias de li-íon possuem grandes quantidades de alumínio, ferro, lítio, cobalto, níquel e manganês (metais perigosos à saúde humana e ao meio ambiente).
Anacleto <i>et al.</i> (2012)	Analisam os indicadores de ecoeficiência e produção mais limpa na Engenharia de Produção no Brasil.	Concluíram que, na área de Engenharia de Produção do Brasil, a abordagem sobre produção limpa é muito pequena e ainda não há nenhum planejamento ecoeficiente.
Munck, Cella-De-Oliveira e Bansi (2012)	Indicadores de medição de ecoeficiência e suas aplicações; análise de indicadores da WBCSD e da GRI pelo Método Bellagio.	Não são visíveis e robustos os indicadores da WBCSD, são apenas apresentados como objetivos. Os indicadores da GRI também não atingem a maioria das dimensões propostas pelos princípios da Ecoeficiência.
Thomas (2009)	O UPC poderia ser desenvolvido para fechar os ciclos de materiais por meio da reciclagem ou reutilização, ou seja, produtos devem ser projetados para serem reciclados usando tecnologias mais simples, fáceis e de baixo custo.	A utilização de UPC termina, em sua maioria, no ponto de venda. Ao contrário, ocasionaria além da redução de custos para reciclagem, o ciclo de vida poderia fornecer em todos os produtos, como brinquedos, ferramentas, baterias, pilhas, eletroeletrônicos, um aumento de reciclagem e redução de impactos ao meio ambiente.

GRI: *Global Reporting Initiative*; WBCSD: *World Business Council for Sustainable Development*; UPC: *Universal Product Code*.

Considerando os princípios da ecoeficiência e as diretrizes da GRI para sustentabilidade, entende-se, pelos estudos dos autores citados na Tabela 3, que, para serem aplicados seus objetivos e parâmetros, é necessário informar à sociedade sobre disposição especial de pilhas e baterias exauridas; importância da logística re-

Logística reversa

No Brasil, a partir de 2010, a logística reversa, a coleta seletiva e a responsabilidade compartilhada foram estabelecidas e colocadas como ações obrigatórias pela Lei nº 12.305 da PNRS.

São seis os tipos de resíduos que devem receber coleta e tratamento adequados e responsabilidade compartilhada entre fabricantes, distribuidores e consumidores. Como exemplos, temos pilhas e baterias, pneus, embalagens de agrotóxicos, óleos lubrificantes, eletroeletrônicos e lâmpadas fluorescentes. E os procedimentos para operar os sistemas de logística reversa de tais produtos são realizados por meio de acordos, regulamentos ou termos de compromisso pelos fabricantes.

Sendo a logística reversa considerada um instrumento de desenvolvimento econômico, Demajorovic *et al.* (2012) apontam que viabilizar a coleta e a restituição de resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento ou destinação final ambientalmente adequada, faz-se uma relação totalmente dependente quanto aos parâmetros da ecoeficiência. Destes, pode-se citar a redução progressiva do impacto ecológico, a redução da dispersão de substâncias tóxicas e a intensificação de reciclagem de materiais.

Ações mundiais e nacionais podem ser apontadas como positivas quanto à logística reversa e à ecoeficiência. Como exemplo, é possível citar a Comissão Europeia Ambiente e a Associação do Ponto Verde, que implantaram um método ou programa denominado *Grüner-punkt/green dot*, que consiste em locais de coletas de produtos que possam ser reutilizados e/ou reciclados.

Segundo a *Prefectura de Barcelona* (2010), na Espanha, existem os “*Puntos Verdes*”, ou pontos verdes, que são centros de descarte para os resíduos incomuns ou complexos, divididos em três tipos: de bairros, de zonas e os móveis.

Os pontos verdes de bairro são direcionados aos moradores, e os de zona, ao comércio. Os móveis atendem tanto à comunidade quanto aos comerciantes e circulam pela

versa e atitudes consumistas conscientes (redução da dispersão de substâncias tóxicas); criação de tecnologias diferenciadas e de baixo impacto ambiental (aumento da reciclagem dos materiais); pesquisas sobre o ciclo de vida dos produtos (maximização do uso de recursos renováveis e redução do consumo de materiais).

cidade para facilitar a entrega. Aos resíduos incomuns ou complexos é dada a seguinte classificação:

1. reutilizáveis: roupas, calçados e cartuchos de impressoras vazios, garrafas de *champagne*, *toners*;
2. recicláveis: eletroeletrônicos, pneus, óleo de cozinha, cabos elétricos, sucata doméstica, CDs e DVDs, pequenos pneus e outros;
3. especiais ou perigosos: latas de tinta *spray*, aerossóis, oxidantes, reagentes, raios-x, lâmpadas fluorescentes, agrotóxicos, filtros de veículos, embalagens sujas de vidros, solventes, terebentina, bases, medicamentos, cosméticos, colas, vernizes, óleo de motor, pilhas e baterias em geral.

No Brasil, a ABINEE (2013) iniciou a implantação do programa de logística reversa de pilhas e baterias de uso doméstico, conforme estabelecia a Resolução CONAMA nº 401. O programa, que está em fase de expansão, prevê o recebimento, em todo o território nacional, de pilhas e baterias usadas, devolvidas pelo consumidor ao comércio. Seu encaminhamento é realizado por transportadoras certificadas às empresas que fazem a reciclagem desses materiais.

O grupo empresarial Pão de Açúcar, no Brasil, tem o programa “Coleta de pilhas e baterias”, em parceria com a ABINEE e em cumprimento à Resolução CONAMA nº 401/08, desde 2010 (GRUPO-PÃO-DE-AÇÚCAR, 2010). As lojas do grupo recolheram mais de 43, 8 t de pilhas e baterias usadas, sendo 33 t em 2012, período que alcançou mais de 200% que o registrado coletado no ano 2011. Na Tabela 4 são apresentadas as contribuições para a logística reversa.

Vieira, Soares e Soares (2009) fazem referência quanto ao processo de logística reversa no país e evidenciam que deve existir uma relação uniforme entre a empresa e o usuário, e a informação deve atingir todos os níveis hierárquicos da sociedade.

Selpis, Castilho e Araújo (2012) também citam em seu artigo sobre a capacidade de reciclagem no Brasil e o não

acompanhamento realizado ao crescimento do consumo de produtos tecnológicos. No Brasil, a logística reversa é vista como estratégia eficiente na gestão de resíduos, mas prejudicada pelos custos elevados dos sistemas de transporte, como pedágios e má conservação das vias.

Sendo assim, como indicam as pesquisas de alguns autores da Tabela 4, pontos de coleta devem ser implantados

Reciclagem de pilhas e baterias

Devido às novas legislações ambientais que regulamentaram a destinação de pilhas e baterias em diversos países e no Brasil, alguns métodos foram desenvolvidos visando a sua reciclagem.

Muitos laboratórios têm realizado estudos e pesquisas para aprimorar os processos de reciclagem de baterias exauridas ou para tratá-las para que tenham uma destinação final correta ou seus materiais possam ser reutilizados.

Fundada em 1997, Lorene é uma empresa brasileira que compra sucatas digitais a partir de computadores, telefones, eletrônicos, baterias, produtos industriais (aço inoxidável e outras ligas) e catalisadores automotivos. Com sede em São Paulo, possui escritórios nas cidades do Rio de Janeiro, de Curitiba e Manaus, assim como nos Estados Unidos da América (EUA), na Bolívia, no Chile, na Venezuela, em Israel e no Japão.

Suzaquim é uma empresa brasileira, localizada em Suzano (cidade do Estado de São Paulo), que iniciou suas operações de beneficiamento de resíduos industriais como matérias-primas para a produção de materiais metálicos. Também implementou a reciclagem de baterias e recebe telefones celulares e outros pequenos resíduos eletroeletrônicos que são recolhidos pelo “Programa Eater” (coordenado e organizado pelo Grupo Santander).

A Umicore, que opera no Brasil desde 2005, é uma empresa fornecedora de níquel e cobalto para baterias recarregáveis. Tal empresa acredita que os metais contidos em pilhas e baterias têm um papel vital porque eles podem ser reciclados de forma eficiente e infinita, tornando-se uma base sustentável para bens e serviços.

Por meio de uma tecnologia comprovada, o processo patenteado pela Umicore representa a prática para um gerenciamento econômico e ambiental no descarte das baterias recarregáveis em fim de vida útil. A empresa, de

e deve haver decodificação do ciclo de vida dos produtos, informação para a sociedade sobre a importância da preservação da saúde e do ambiente e comprometimento de fabricantes, distribuidores e consumidores, para que os sistemas de logística reversa sejam congruentes com os processos de reciclagem, promovendo significativas ações que colaborem para os princípios da ecoeficiência e, por fim, a sustentabilidade.

origem belga, realiza métodos de circuito fechado (*close loops*) e evidencia que, por intermédio destes, não ocorre a geração de resíduos perigosos, os riscos são inexistentes e os custos, eficientes. Os lotes de baterias recarregáveis recebidos são reciclados pelo sistema VAI'EAS, que permite, pela sua eficiência, emitir certificado verde de destruição e reciclagem (UMICORE, 2011).

Outras empresas que se destinam a processar e reciclar materiais provindos de pilhas, baterias e eletroeletrônicos e estão instaladas no território nacional ou recebem materiais do Brasil são a Cimélia, que possui pontos de coleta nos EUA, na Alemanha, na Malásia, no Japão e na Índia, e a Belmont, que, em parceria com SIPI Metais, está em São Paulo (desde 2005) e em Manaus (desde 2006), onde recolhe a sucata e exporta para posterior processamento.

A Tabela 5 apresenta as publicações relacionadas com reciclagem de pilhas e baterias.

Sendo a reciclagem um termo genericamente utilizado para designar o reaproveitamento de materiais beneficiados como matéria-prima para um novo produto, esta depende da coleta e dos sistemas de logística reversa, como também da inovação da tecnologia da composição química de pilhas e baterias e da facilitação de sua desmontagem. Assim sendo, os processos de reciclagem estão relacionados com a eficiência de produção desses materiais e no retorno aos fabricantes ou recuperadores.

Muitos são os estudos e as pesquisas sobre a reciclagem de materiais constituintes de baterias e pilhas. Consoante as pesquisas de autores como Kemerich *et al.* (2012) e Mota, Nascimento e Peixoto (2012), percebe-se que um dos principais fatores para a atenuação do uso dos recursos naturais está no potencial de sensibilização e informação das coletividades, para que se procedam às mudanças nos hábitos de produção e consumo.

Tabela 4 - Contribuição de publicações para a temática de logística reversa.

Autor	Características	Conclusões
Dekker, Bloemhof e Mallidis (2012)	Trata da contribuição da pesquisa operacional para logística verde e envolve a integração dos aspectos ambientais; design, planejamento e controle em cadeia de suprimentos para transporte; inventário de produtos, decisões e instalações.	Os processos de estimativa de logística reversa estão apenas começando no mundo e a sustentabilidade é maior do que é percebida e tratada dentro da logística reversa e inversa. O desenvolvimento de parâmetros e indicadores que possam explicar as consequências de nossas ações para apresentar alternativas para implementação do processo reverso.
Amaral (2010)	A importância da participação das empresas na destinação final correta de eletroeletrônicos, incluindo pilhas e baterias no território nacional.	Conclui que o dever de defender o meio ambiente depende também da coletividade, quanto pelo poder público, devendo atuar conjuntamente.
Pereira, Wetzel e Santana (2010)	Tratam do estudo da pós-venda e pós-consumo e a relação da Lei nº 7.404, de 03 de dezembro de 2010, e reforça a prática da logística reversa como alternativa eficaz para o gerenciamento de pilhas e baterias de maneira que contemple o tripé da sustentabilidade e a criação de ecopontos para reforçar o sistema de logística reversa.	Indicam as vantagens e razões para a logística reversa como: - conscientização de consumidores para valorizar as empresas que possuem políticas de retorno e coleta. - empresa com imagem diferenciada por ações ecologicamente corretas. - a redução de custos para a empresa. - redução do ciclo de vida dos produtos para não ocorrer obsolescência precoce de bens e a não geração de resíduos sem destinação adequada.
Vieira, Soares e Soares (2009)	Discorrem sobre as normas brasileiras para baterias de computadores que contêm níquel e cádmio e sobre a Resolução nº 257 do CONAMA.	Indicam sobre a problemática da logística reversa das indústrias no Brasil, em que o consumidor não é obrigado a devolver baterias e, assim, havendo baixo nível de devolução e aumento de impacto ambiental pelo descarte inadequado.
Demajorovic <i>et al.</i> (2012)	Analisa a Lei nº 12.305/2010 que obriga os fabricantes de celulares a estruturar programas de logística reversa e a comunicar seus clientes sobre como proceder depois do ciclo de vida útil das baterias.	A integração de marketing e sustentabilidade pode ir além da oferta de produtos verdes ou a construção de uma imagem socialmente responsável beneficiando a sociedade como um todo. O marketing é um importante instrumento de conscientização da população quanto ao descarte de baterias de celulares exauridas.
Bernardini, Paul e Dumke (2012)	Aplicação do Projeto Pilhagudo no município de Agudo (RS) para recolhimento de pilhas e baterias.	Resposta positiva da comunidade em junho e julho de 2011, onde ocorreu o recolhimento de 300 kg de pilhas e baterias.

Continua...

Tabela 4 - Continuação.

Autor	Características	Conclusões
Oliveira (2012)	Estuda a logística reversa de baterias automotivas (chumbo-ácido) em Campo Grande (RS) sob a ótica socioambiental.	Neste segmento há uma eficiente e eficaz operacionalização da Logística Reversa em todos os níveis da cadeia de suprimentos e o comprometimento e responsabilidade de distribuidores e consumidores de baterias automotivas.
Ruiz <i>et al.</i> (2012)	Contempla a análise de iniciativas de coleta existentes na cidade de Rio Claro (SP) e o encaminhamento de pilhas e baterias para os grandes centros.	Conclui que é alto custo financeiro para transporte de pilhas e baterias esgotadas e que a reciclagem local não é viável economicamente. Elaboração de projeto de lei para o PGREE, instalação de três ecopontos para coleta de pilhas e baterias e educação ambiental para a comunidade.

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente; PGREE: Programa de Gerenciamento de Resíduos Eletroeletrônicos.

Tabela 5 - Publicações sobre reciclagem de pilhas e baterias.

Autor	Características	Conclusões
Gaynes <i>et al.</i> (2009)	Ênfase na produção e nos constituintes de materiais, fabricação de baterias e o encargo do ciclo de vida das baterias lítio-íon.	A reciclagem de baterias pode potencialmente reduzir significativamente a produção de energia.
Wolff & Conceição (2011)	Discorrem sobre a performance ambiental e a legislação de pilhas e baterias no Brasil, na Alemanha, na Suécia, na França, entre outros.	Concluem que, no Brasil, a ideia da coleta seletiva ainda é bastante recente e o processo de reciclagem existe somente para alguns tipos de baterias e pilhas, sendo que poucas empresas realizam.
Da Silva, Martins e Oliveira (2007)	Elucidam sobre a situação do <i>e-waste</i> no Brasil requer aprimoramentos quanto às iniciativas públicas, privadas e comunidades, principalmente com relação ao manejo seguro de produtos compostos por metais perigosos e à disponibilização da informação.	Reciclagem, reúso e a remanufatura de produtos ou componentes que usam pilhas e baterias podem ser uma opção ecológica e econômica, desde que a oferta e a demanda estejam em equilíbrio.
Reidler & Günther (2003)	Investigam os impactos sanitários e ambientais pelo descarte inadequado de pilhas e baterias com o resíduo sólido comum; pilhas portáteis e os metais pesados e a necessidade de atualização da legislação.	A coleta e a segregação, o tratamento e a disposição final de qualquer tipo de pilha e bateria são recomendáveis, para não ultrapassar a concentração de metais tóxicos, pois a insuficiência de estudos e pesquisas realizados e dados sobre o assunto é inconclusiva.

Continua...

Tabela 5 - Continuação.

Autor	Características	Conclusões
Mota, Nascimento e Peixoto (2012)	Discorrem sobre o avanço tecnológico e o aumento de equipamentos portáteis movidos a pilha e baterias e a falta de informação da sociedade sobre os danos ao meio ambiente e saúde.	A fiscalização de produtos que utilizam baterias e pilhas deve ser em tempo real. A única estrutura para coleta se destina às baterias de celulares. Fica a cargo do consumidor o dever de conhecer a lei, descobrir como proceder a devolução.
Geyer & Blass (2010)	O aterro de lixo eletrônico e equipamentos não são aceitáveis de uma forma geral. Para desviar da rota do aterro, devem-se ter ações voluntárias ou obrigações. A reciclagem consiste na recuperação de um número limitado de metais.	Os telefones celulares são um dos poucos produtos no mercado de reciclagem. Se o custo da logística reversa para tais equipamentos for mais baixo, os incentivos econômicos de fabricante se alinhará com o desempenho da reutilização.
Kemerich <i>et al.</i> (2012)	Identificam as formas de descarte de pilhas e baterias na cidade de Frederico Westphalen (RS) e fazem levantamento de dados sobre o conhecimento dos danos ocasionados por esses materiais.	A população de Frederico Westphalen (RS) consome pilhas do tipo comum e descarta, em sua maioria, no lixo doméstico. Não tem conhecimento sobre reciclagem, como os possíveis danos à saúde e ao meio ambiente.

Métodos de reciclagem

De acordo com dados de Suzaquim (2011), o processo geral para a reciclagem de baterias é formado pelas seguintes etapas:

1. Seleção dos produtos por semelhança de matéria-prima;
2. Corte de pilhas, em que o material que não pode ser reaproveitado segue para empresas que reciclam plástico;
3. Moagem — separação de metais, como o aço, que vão para empresas que os reciclam — neste processo, tem-se como produto o pó químico;
4. Reator químico — o pó químico sofre reações e forma diferentes compostos;
5. Filtragem e prensagem — ocorre uma nova separação de líquidos e sólidos;
6. Calcinador — forno no qual os elementos sólidos são aquecidos;
7. Nova moagem — feita outra moagem dos sólidos; e

8. Produto final — são obtidos óxidos metálicos e sais.

Conforme Espinosa & Tenório (2004), existem processos usados (Tabela 6) para a reciclagem de pilhas e baterias inservíveis que são denominados como rotas piro, hidro e mineralúrgicas.

Nem todos os tipos de processos conseguem realizar a reciclagem da bateria de Ni-Cd, por ser de custo elevado. A rota hidrometalúrgica é indicada para a recuperação de cádmio e níquel, mas também não é economicamente viável. Os materiais produzidos na reciclagem de bateria Ni-Cd são o cádmio, com pureza de 99,95%, o níquel e o Ferro, que são enviados para a fabricação de aço inoxidável (PROVAZI; ESPINOSA; TENÓRIO, 2012).

Em 1986, a Suíça formou a primeira unidade mundial de escala comercial para a reciclagem de pilhas de uso doméstico usadas. Em Berna, há uma usina que recupera a maior parte dos metais de uma forma comercializável e trata os líquidos e gases refugados. Em 1986, um decreto aprovado pelo governo suíço classificou as pilhas como rejeito especial e, em 1989, outro decreto,

também autorizado pelo governo, obrigava os varejistas a receber de volta as pilhas usadas, o que impulsionou pesquisas para encontrar um processo ecologicamente correto de disposição e reciclagem. O método utilizado atualmente consiste em:

1. As pilhas passam por um alto-forno, onde os componentes orgânicos são decompostos pelo calor e a maior parte do mercúrio evapora;
2. Os gases refugados são, então, completamente queimados num incinerador a 1.000/1.200 graus centígrados;
3. As partículas sólidas de óxido de zinco, óxido de ferro e carbono são retiradas por lavagem do gás quente, que é então refrigerado, e o mercúrio condensado. O mercúrio também é destilado da água da lavagem;
4. Os resíduos das pilhas queimadas são então despejados no forno de indução, onde os óxidos de zinco, ferro e manganês são fundidos a temperaturas entre 1.450/1.500 graus centígrados e reduzidos a suas formas metálicas;
5. Acrescenta-se carbono ao já presente em alguns eletrodos de pilhas, para atuar como agente reductor. O vapor metálico é recolhido para um condensador de zinco e os metais restantes princi-

palmente ferro, manganês, além de uma escória inerte com aparência de vidro, são continuamente drenados. (COELHO, 2008, p. 13-15)

Segundo a EPBA (2006), restringir a coleta e reciclagem aos três tipos de pilhas — óxido de mercúrio, níquel 1-cádmio (recarregável) e de chumbo-ácido (recarregável) — faz sentido porque eles contêm basicamente todos os materiais perigosos presentes nesses produtos. Essa restrição melhora a eficiência da coleta, simplifica os requisitos de separação de pilhas, maximiza a recuperação, simplifica a tecnologia de recuperação de materiais e minimiza custos, além de aumentar o valor comercial dos materiais recuperados.

Coletar e reciclar outros tipos de pilhas, além das mencionadas, não traz benefícios porque eles não têm quantidades significativas de materiais perigosos, e os outros materiais que os compõem têm baixo valor comercial em relação ao que seria despedido para sua recuperação. A Tabela 7 mostra algumas conclusões das rotas piro, hidro e mineralúrgicas utilizadas para baterias e pilhas inservíveis.

Tabela 6 - Tipos de processos de reciclagem de pilhas e baterias.

Processo de Reciclagem	Métodos	Principais vantagens e desvantagens
SUMITOMO (processo japonês)	Pirometalúrgico	Utilizado na reciclagem de todos os tipos de pilhas e baterias, menos as do tipo Ni-Cd (custo elevado).
RECYTEC (processo suíço)	Combina pirometalurgia, hidrometalurgia e mineralurgia	Todos os tipos de pilhas, lâmpadas fluorescentes e tubos diversos que com tenham mercúrio. Este processo não é utilizado para a reciclagem de baterias de Ni-Cd (alto custo).
ATECH	Mineralúrgico	Utilizado na reciclagem de todas as pilhas. (baixo custo).
SNAM-SAVAM (processo francês)	Pirometalúrgico	Recuperação de pilhas do tipo Ni-Cd.
SAB-NIFE (processo sueco)	Pirometalúrgico	Recuperação de pilhas do tipo Ni-Cd.
INMETCO (processo norte-americano)	Pirometalúrgico	Para pilhas Ni-Cd.
WAEZL	Pirometalúrgico	Possível recuperar metais como Zn, Pb, Cd.

Tabela 7 - Conclusões sobre métodos de reciclagem de pilhas e baterias.

Autor	Principais características	Conclusões
Calgaro <i>et al.</i> (2012)	Destacam-se as baterias de íon-lítio utilizadas em celulares e a obsolescência destes produtos com o desenvolvimento de processos de reciclagem e recuperação. Ensaio de recuperação em hidrometalurgia e suas etapas físicas e mecânicas e separação granulométrica e membrana amiônica.	Os processos utilizados físicos e mecânicos obtiveram uma boa separação dos compostos e uma fração de LiCO_2 . A lixiviação consegue extrair CO e outros metais e por precipitação seletiva o lítio.
Silva (2010)	Pilhas e baterias usadas; resíduos perigosos e toxicologia forense. Os processos piro, hidro e mineralúrgico analisados e verificados quanto à contaminação que pode ocorrer no processo de reciclagem; componentes como Mn, Li, Zn, Cd, Pb e métodos de monitoramento.	O Mn deve ser guardado longe das fontes de calor e o lítio apresenta-se altamente inflamável e corrosivo. O Cd, Pb devem passar por processos de monitoramento visto a alta contaminação que podem ocasionar.
Georgi-Maschler <i>et al.</i> (2012)	Trabalho de investigação conjunta das baterias de íon portáteis e processos mecânicos com passos hidrometalúrgicos e pirometalúrgicos para a recuperação de cobalto e lítio de veículos elétricos.	A grande desvantagem do processo pirometalúrgico é o fato de que o lítio não pode ser recuperado, então, usa-se também a hidrometalurgia. O pré-tratamento exige combinação adequada para recuperação dos componentes da bateria de íon-lítio (híbrido) de veículos elétricos.
Espinosa, Bernardes e Tenório (2004)	Análise de métodos de reciclagem mineralúrgicos, pirometalúrgicos e hidrometalúrgicos para pilhas do tipo comum e baterias de ni-metal-hidreto e íons-lítio.	A elaboração de metas específicas de reciclagem associada a uma estrutura de gerenciamento e promoção de coleta. Necessário haver o desenvolvimento de novas baterias com maior facilidade de recuperação e menor quantidade de metais tóxicos.
Silva & Afonso (2008)	Apresenta a rota hidrometalúrgica para recuperação de elementos de pilhas de botão, baseados na lixiviação de componentes com ácido sulfúrico e ácido nítrico.	O processamento mostrou-se simples devido à presença de poucos elementos na formulação destes produtos. A dificuldade prática verificada nos processos foi a segurança ocupacional. Devem-se projetar pilhas mais facilmente recicláveis, pois, a pilha Li/MnO_2 não pode ser tratada junto com as demais por exigir prévia segregação.

Continua...

Tabela 7 - Continuação.

Autor	Principais características	Conclusões
Sullivan, Gaines e Burnham (2011)	Analisa o tipo mais prático de reciclagem para as baterias de níquel hidreto de metal e os produtos de íon-lítio.	Dados inconclusivos para esses tipos de baterias por serem de custo elevado e por não existir uma análise completa de seus ciclos de vida.
Li, Peng e Jiang (2011)	Percurso da reciclagem por Hidrometalurgia utilizando processos de lixiviação ácida, redução, purificação e coprecipitação em baterias compostas por Mn, Zn e Fe.	95% de Fe, Mn, Zn podem ser reciclados e com custo favorável. O método químico molhado, ou seja, a rota hidrometalúrgica, torna esses compostos químicos acessíveis durante a reciclagem e recuperação. Há benefícios ambientais e econômicos.
Mantuano (2011)	Compara as principais legislações e processos pirometalúrgicos e hidrometalúrgicos desenvolvidos e o circuito fechado da logística reversa.	Aponta como resultados positivos a rota Hidrometalúrgica por ser mais econômica e eficiente; consumir menos energia e possuir alta seletividade para os metais. O processo hidrometalúrgico promove a possibilidade de recuperação dos agentes lixiviantes e extratantes empregados sem emitir gases poluentes como acontece no processo pirometalúrgico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Indispensável se torna a organização do gerenciamento ambiental de pilhas e baterias no que comporta a coleta, a reutilização, a reciclagem, o transporte e o tratamento. Tal gerenciamento bem estruturado pode promover a formação de um sistema integrado e ecoeficiente, englobando a produção mais limpa, a qual estimula o desenvolvimento de novas tecnologias com processos inovadores e menos agressivos ao meio ambiente.

A Lei nº 12.305/2010, da PNRS, que dispõe sobre a responsabilidade compartilhada entre todos os envolvidos na cadeia de produção e consumo, tem a finalidade de acrescentar ao desenvolvimento do país a melhoria do modo de vida e a preservação dos recursos naturais.

A aplicação da logística reversa proporciona a preservação ambiental, por intermédio da economia de energia, diminui o descarte de produtos e reduz os custos

para as empresas, amenizando impactos negativos e o consumo indiscriminado de matérias primas, além de contribuir para o incremento da reutilização de materiais recuperáveis.

Aliada a uma boa estrutura de pontos de coleta ou canais reversos, com a informação e sensibilização da sociedade, a logística reversa pode vir a ser o meio de dirimir os riscos à saúde humana e ao meio natural.

No aspecto econômico, a reciclagem contribui para o uso mais racional dos recursos naturais e a reposição daqueles recursos que são passíveis de reaproveitamento. Nas empresas, a melhoria do gerenciamento do fluxo reverso de bens e serviços pode reduzir as perdas econômicas e preservar sua imagem corporativa. No âmbito social, a reciclagem gera trabalho e proporciona melhor qualidade de vida, pela melhoria ambiental que proporciona.

As rotas de métodos de reciclagem demonstram, ainda, que é necessário desenvolver novas tecnologias para que sejam aplicadas às mais variadas composições químicas de pilhas e baterias e com custos menores.

Também, diante da realidade do comércio mundial, em que a obsolescência dos produtos é rápida, derivada das exigências dos consumidores, a reciclagem deve ser vista como um meio de minimizar o esgotamento dos recursos naturais e de degradação do meio ambiente, e não somente como a solução das cadeias de produção. Ainda, Lima *et al.* (2008) alertam que:

Fundamental que a reciclagem seja percebida em toda a sua complexidade e não apenas como única e inquestionável alternativa. O principal enfoque da re-

ciclagem como instrumento para combate à crise ambiental deve ser dar muito menos do ponto de vista da mitigação do esgotamento de recursos, da economia, de energia ou redução de impactos. Seu grande valor está no potencial de sensibilização e mobilização dos indivíduos e coletividades em relação à necessidade de desenvolver uma visão crítica dos processos de produção e consumo. (LIMA *et al.*, 2008)

Portanto, pela observação e análise da pesquisa realizada quanto às questões intrínsecas que abordam os elementos ecoeficiência, logística reversa, reciclagem e seus processos, verifica-se que se apresentam como interdependentes e exigem, para o seu eficaz funcionamento, a elaboração e o desenvolvimento de novos projetos que priorizem significativamente integrar o social, o econômico e o ambiental.

REFERÊNCIAS

- ABINEE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA. Disponível em: <<http://www.abinee.org.br/searchr.htm?q=800+milhoes+de+pILHAS+FABRICADAS+NO+BRASIL&cx=017909629647798385020%3Ap8nn6ahbulo&siteurl=www.abinee.org.br%2F&ref=www.google.com.br%2F&ss=20113j14388079j53>>. Acesso em: 16 maio 2013.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR. 10.004: Resíduos sólidos – classificação*. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- AMARAL, A. C. N. Cooperação e responsabilidade do setor empresarial na reciclagem de lixo eletrônico. *FMU Direito-Revista Eletrônica*, v. 24, n. 34, p. 18-28, 2010.
- ANACLETO, C.; LOHNA, V. M.; CAMPOS, L. M. S.; MIGUEL, P. A. C. Ecoeficiência e Produção mais Limpa: uma análise das publicações em quatro periódicos brasileiros da engenharia de produção. *Sistemas & Gestão*, v. 7, n. 3, p. 476-489, 2012.
- BERNARDINI, C.; PAUL, C. R.; DUMKE, J. V. Projeto Pilhagudo: uma alternativa sustentável para a destinação de pilhas e baterias no Município de Agudo/RS. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 5, n. 5, p. 792-796, 2012.
- CALGARO, C. O.; ALBIERO, J. K.; MEILI, L.; ROSA, M. B.; BERTUOL, D. Recuperação de cobalto de baterias íon-lítio através da lixiviação ácida e eletro-obtenção. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 5, n. 5, p. 867-874, 2012.
- CÂMARA, S. C.; AFONSO, J. C.; SILVA, L. I. D.; DOMINGUES, N. N.; ALCOVER NETO, A. Simulação do intemperismo natural de pilhas zinco-carbono e alcalinas. *Química Nova*, v. 35, n. 1, p. 82-90, 2012.
- COELHO, R.M.P. *Definições básicas, tipologia e reciclagem de pilhas e baterias*. 2008. 26p. Disponível em: <<http://slideplayer.com.br/slide/345914/2008>>. Acesso em: 5 jun. 2013.
- CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. *Resolução nº 401/2008*, de 04 de novembro de 2008. Proposta de resolução que dispõe sobre pilhas e baterias. Status: Revoga a Resolução nº 257, de 1999. Alterada pela Resolução nº 424, de 2010. DOU nº 215, de 05 nov. 2008, p. 108-109.
- DA SILVA, B. D.; MARTINS, D. L.; OLIVEIRA, F. C. *Resíduos Eletroeletrônicos no Brasil*, Santo André, 2007. 59p.
- DEKKER, R.; BLOEMHOF, J.; MALLIDIS, I. Operations Research for green logistics – An overview of aspects, issues, contributions and challenges. *European Journal of Operational Research*, v. 219, n. 3, p. 671-679, 2012.

- DEMAJOROVIC, J.; HUERTAS, M. K. Z.; BOUERES, J. A.; SILVA, A. G.; SOTANO, A. SV. Reverse logistics: how do companies report the disposal of batteries and cell phones? *Revista de Administração de Empresas*, v. 52, n. 2, p. 165-178, 2012.
- ESPINOSA, D. & TENÓRIO, J.A. Reciclagem de baterias: análise da situação atual no Brasil. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, São Paulo, v.2, p.14-20, dez. 2004.
- ESPINOSA, D. C. R.; BERNARDES, A.M.; TENÓRIO, J. A. S. An overview on the current processes for the recycling of batteries. *Journal of Power Sources*, v. 135, n.1-2, p. 311 319, 2004.
- EUROPEAN PORTABLE BATTERY ASSOCIATION – EPBA. Position on the Proposed Prohibition of Nickel Cadmium Batteries, 2006. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02006L0066-20>>. Acesso em: 08 maio 2013.
- GAZANO, V. S. O.; DE CAMARGO, I. M. C.; FLUES, M. Contaminação de um solo por Cd, Mn, Pb E Zn provenientes de pilhas comuns do tipo zinco-carbono. *Águas Subterrâneas*, v. 1, p. 1-8, 2009.
- GEORGI-MASCHLER, T.; FRIEDRICH, B.; WEYHEB, R.; HEEGNC, H.; RUTZC, M. Development of a recycling process for Li-ion batteries. *Journal of Power Sources*, v. 207, p. 173-182, 2012.
- GEYER, R. & BLASS, V. D. The economics of cell phone reuse and recycling. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 47, n. 5-8, p. 515-525, 2010.
- GREENMOBILITY. *A GRI e suas diretrizes*. 2008. 28p. Disponível em: <<http://greenmobilitywordpress>>. Acesso em: 10 maio 2013.
- GRUPO-PÃO-DE-AÇÚCAR. Responsabilidade Socioambiental. 2010. Disponível em: <<http://aplicativos.paodeaucar.com.br/poo/sustentabilidade/?page=nossos-numeros>>. Acesso em: 09 maio 2013.
- GÜNTHER, W.M.R. *Contaminação ambiental por disposição inadequada de resíduos industriais contendo metais pesados: estudo de caso*. Tese (Doutorado em Saúde Ambiental). São Paulo: Universidade de São Paulo, 1998. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde-29092014-111117/>>. Acesso em: 30 jun. 2016.
- KEMERICH, P. D. C.; MENDES, S. A.; VORPAGEL, T. H.; PIOVESAN, M. Descarte indevido de pilhas e baterias: a percepção do problema no Município de Frederico Westphalen-RS. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 8, n. 8, p. 1680-1688, 2012.
- LI, K.; PENG, C.; JIANG, K. The recycling of Mn–Zn ferrite wastes through a hydrometallurgical route. *Journal of Hazardous Materials*, v. 194, p. 79-84, 2011.
- LIMA, M. D. R.; PARDO, J. S.; CAMPOS, M. C.; GOMES, R. P.; FIGUEIREDO JUNIOR, A. *Logística Reversa: um interesse crescente*. 2008. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/artigos/economia-e-financas/logistica-reversa-um-interesse-crescente/21853/>>. Acesso em: 12 maio 2013.
- LORENE. 2011. Disponível em: <<http://www.lorene.com.br/processos/>>. Acesso em: 10 maio 2013.
- MANTUANO, D. P. Pilhas e baterias portáteis: legislação, processos de reciclagem e perspectivas. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, n. 21, p. 1-13, 2011.
- MOTA, S.; NASCIMENTO R. F.; PEIXOTO, M. C. Análise qualitativa da disposição de pilhas e baterias exauridas. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales*, v. 5, p. 1-10, 2012.
- MUNCK, L.; CELLA-DE-OLIVEIRA, F. A.; BANSI, A. C. Ecoeficiência: uma análise das metodologias de mensuração e seus respectivos indicadores. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, v. 5, n. 3, p. 1-17, 2012.
- PEREIRA, A. S.; WETZEL, A.; SANTANA, D. V. M. Logística reversa aplicada a resíduos eletroeletrônicos - estudo de caso. *VIII Convibra Administração – Congresso Virtual Brasileiro de Administração*, p. 1-17, 2010.

PROVAZI, K.; ESPINOSA, D. C. R.; TENÓRIO, J. A. S. Estudo eletroquímico da recuperação de metais de pilhas e de baterias descartadas após o uso. *Revista Escola de Minas*, v. 65, n. 3, p. 335-341, 2012.

PREFECTURADEBARCELONA. 2010. Disponível em: <ajuntament.barcelona.cat/ecologiaurbana/es/servicios/la-ciudad-funciona/mantenimiento-del-espacio-publico/gestion-de-limpeza-y-residuos/red-de-puntos-verdes>. Acesso em: 09 maio 2013.

REIDLER, N. M. V. L. & GÜNTHER, W. M. R. Impactos ambientais e sanitários causados por descarte inadequado de pilhas e baterias usadas. *Revista Limpeza Pública*, São Paulo, v. 60, p. 20-26, 2003.

RUIZ, M. R.; CHRISTOFOLETTI, R. A.; RUIZ, L. I. R.; SILVA, E. L. Desafios para o gerenciamento de pilhas e baterias pós-uso: proposição de projeto de lei sobre o e-lixo na cidade de Rio Claro-SP. *Revista Geas*, v. 1, n. 2, p. 32-52, 2012.

SELPIS, A. N.; CASTILHO, R. O.; ARAUJO, J. A. B. Logística reversa de resíduos eletroeletrônicos. *Tekhne e Logos*, v. 3, n. 2, 2012.

SEMA – SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO PARANÁ. Cartilha Desperdício Zero. 2008. 9p. Disponível em: <<http://www.meioambiente.pr.gov.br/search.php?query=pilhas+e+baterias&inst-bar-pesquisar-submit=&action=results>>. Acesso em: 08 maio 2013.

SILVA, C. N. & AFONSO, J. C. Processamento de pilhas do tipo botão. *Química Nova*, v. 31, n. 6, p. 1567-1572, 2008.

SILVA, A. P. M. & ROHLFS, D. B. Impactos à saúde humana e ao meio ambiente causados pelo descarte inadequado de pilhas e baterias usadas. Programa de Pós-graduação em Biociências Forense. Goiânia: PUC-Goiás, 2010. Disponível em: <<http://www.cpgls.pucgoias.edu.br/6mostra/artigos/SAUDE/ANA%20PAULA%20MENDES%20DA%20SILVA.pdf>>. Acesso em: 13 maio 2013.

SILVA, B. O.; CÂMARA, S. C.; AFONSO, J. C.; NEUMANNE, R.; NETO, A. A. Série histórica da composição química de pilhas alcalinas e zinco-carbono fabricadas entre 1991 e 2009. *Química Nova*, v. 34, n. 5, p. 812-818, 2011.

SULLIVAN, J. L.; GAINES, L.; BURNHAM, A. Role of recycling in the life cycle of batteries. In: TMS 2011 ANNUAL MEETING AND EXHIBITION, MATERIALS PROCESSING AND ENERGY MATERIALS, 140. *Supplemental Proceedings...* Wiley-TMS, 2011. p. 25.

SUZAQUIM INDÚSTRIAS QUÍMICAS LTDA. Sistema de gestão Ambiental. Suzano: SUZAQUIM, 2011.

TENÓRIO, J.A.S. & ESPINOSA, D.C.R. *Reciclagem de Pilhas e Baterias*. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2010. p.1-8. Disponível em: <<http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsare/e/proypilas/pilas.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2011.

THOMAS, V. M. A universal code for environmental management of products. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 53, n. 7, p. 400-408, 2009.

UMICORE. 2011. Disponível em: <<http://www.umicore.com.br/nossosNegocios/recycling/pmr/baterias/reciclagembaterias.htm>>. Acesso em: 15 maio 2013.

UNES, B. & BENNETT, D. Green operations initiatives in the automotive industry. *Benchmarking: An International Journal*, v.17, n.3, p.396-420, 2010.

VIEIRA, K. N.; SOARES, T. O. R.; SOARES, L. R. A Logística Reversa do Lixo Tecnológico: um estudo sobre o projeto de coleta de lâmpadas, pilhas e baterias da BRASKEM. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, v. 3, n. 3, p. 120-136, 2009.

WOLFF, E. & CONCEIÇÃO, S. V. Resíduos sólidos: a reciclagem de pilhas e baterias no Brasil. 2011. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGERP2001_TR104_0146.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2013.

WBCSD – WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT. A eco-eficiência: criar mais valor com menos impacto. Lisboa: WBCSD, 2000.