

Logística Reversa: A Utilização de RFID nos Processos de Reciclagem dos Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE)

Eric Alberto Quinaglia (Universidade Federal de São Carlos) eric.quinaglia@gmail.com

Fabrizio Leon Garcia (Universidade Federal de São Carlos) fabrizio.l.garcia@gmail.com

Resumo

Com o crescimento da conscientização e o enrijecimento das leis sobre o descarte ambientalmente correto de produtos de pós-consumo, tal como a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), cresce a necessidade de melhorar os processos que viabilizam o retorno desse material para a cadeia produtiva, como é o caso da reciclagem. Os resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE) são destacados pelo grande volume de material, bem como pela sua toxicidade quando descartado de forma incorreta no meio ambiente. Com o objetivo de identificar e analisar os benefícios da utilização da tecnologia de identificação por rádio frequência (RFID) na redução do tempo dos processos de reciclagem de REEE, este trabalho realiza um estudo de caso único, utilizando uma abordagem qualitativa e de caráter exploratório, em uma empresa de reciclagem de REEE. Como resultado foi possível determinar alguns aspectos positivos para ganhos no tempo de processamento com a utilização da tecnologia RFID, como maior rapidez na identificação dos materiais que entram na produção, acompanhamento em tempo real dos fabricantes sobre a correta destinação dos produtos colocados no mercado, automação dos processos de desmontagem e melhorias do planejamento e controle da produção. Apesar da ainda baixa adesão das empresas fabricantes em adotarem a tecnologia RFID como forma de aumentar a competitividade das empresas de reciclagem, espera-se um aumento da sua utilização visto todos os ganhos apresentados para as empresas do setor.

Palavras chave: RFID, REEE, Reciclagem, Logística Reversa, PNRS.

1. Introdução

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que foi instituída no Brasil através da Lei Federal 12.305 de 2 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010), em seu artigo 33 estabelece que os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes são responsáveis pela implementação de sistemas de logística reversa para o retorno de produtos de pós-consumo de, entre outros, os equipamentos elétricos e eletrônicos (EEE) e seus componentes.

Com base na PNRS, está sendo moldado um acordo setorial, através de um chamamento do Ministério do Meio Ambiente (Edital 01/2013) que estabelece entre outras metas, a responsabilidade de fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes em dar destinação final ambientalmente adequada a, pelo menos, 17% em peso dos EEE inseridos no mercado.

Os resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE) podem ser definidos como todo equipamento elétrico ou eletrônico que não possui mais qualquer tipo de valor para seu dono (WIDMER et al., 2005) ou qualquer equipamento que utiliza energia elétrica que atingiu seu fim de vida (OECD, 2001). Dentre os principais equipamentos que podem ser classificados como REEE estão computadores, televisores, telefones celulares e também utilidades domésticas como refrigeradores e fogões. (ECHEGARAY; HANSSTEIN, 2015).

Segundo Baldé et al. (2015) a geração de REEE no mundo é de aproximadamente 42 milhões de toneladas. Só no Brasil 1,4 milhão de toneladas de REEE são descartados todo ano e esse número tende a crescer nos próximos anos (StEP, 2016). Os REEE têm capacidade de gerar grande quantidade de impactos ao meio ambiente, pois são compostos por substâncias as quais muitas delas são tóxicas, tais como chumbo, mercúrio, cádmio, selênio e cromo hexavalente, além de material retardante de chamas (WIDMER et al., 2005).

A reciclagem, um dos processos prioritários para destinação final ambientalmente adequada proposta pela PNRS, é definida como um processo de transformação dos resíduos sólidos que envolvem a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com o objetivo de transformar os resíduos submetidos a tal processo em insumos ou novos produtos, com qualidade igual ou semelhante aos provenientes de matéria prima virgem, obedecendo aos padrões estabelecidos pelos órgãos competentes (BRASIL, 2010).

O processo de reciclagem de REEE, segundo Cui e Forssberg (2003) pode ser dividido em três etapas: Desmontagem, que tem como foco a separação dos materiais, e é onde se desprende maior tempo devido ao baixo grau de automação dos processos dessa etapa, o Beneficiamento, processos físicos ou mecânicos que preparam o material para o refinamento e o Refinamento, que é a inserção do material reciclado de volta no mercado.

Convergindo para a responsabilidade e compromisso com o meio ambiente e as questões sobre redução de impactos ambientais, a ferramenta de gerenciamento por rádio frequência (RFID), tem sido cada vez mais utilizada no monitoramento, rastreamento, identificação e integração da cadeia de suprimentos. (FERNANDO ET AL, 2015).

A *Radio-frequency identification* ou RFID consiste em um pequeno *chip* desenvolvido para transmissão de dados sem fio, normalmente agrega uma antena e é encapsulado em um adesivo, que pode ser fixado em diversas superfícies (JUELS, 2006). Dessa forma é possível armazenar diversas informações sobre um produto e fazer a leitura dessas informações de forma simplificada, rápida e a distância com a utilização de um leitor de RFID. A gestão visa fornecer especificidades ao canal reverso de REEE, com possibilidades de rastreamento em todas as fases do processo: coleta, transporte e disposição. (LEITE, 2009);

Numerosos autores, tais como: (LANGER et al., 2007; LEE; CHAN, 2009; NATIVI; LEE, 2012; PARLIKAD; MCFARLANE, 2007; THOROE; MELSKI; SCHUMANN, 2009) publicaram artigos científicos destacando o uso das etiquetas RFID na logística reversa, entretanto, a maioria dos artigos abordam principalmente o uso da identificação de produtos e contêineres na etapa de transporte, não sendo encontrado relevante acervo de artigos científicos referentes ao uso da tecnologia para melhorar os processos de destinação final dos resíduos. Dessa forma, o objetivo desse trabalho é identificar e analisar os benefícios no tempo de processamento de REEE, através da tecnologia do RFID, em uma planta de reciclagem e, para isso, realiza um estudo de caso.

2. Metodologia

Para cumprir com os objetivos dessa pesquisa, propõe-se a adoção de uma abordagem qualitativa, analisando o mundo empírico em seu ambiente natural, valorizando o contato direto do pesquisador com a situação estudada (GODOY, 1995). Os benefícios fundamentais dessa abordagem são vistos como superiores à abordagem quantitativa, pela maneira de acessar aspectos não lineares de fenômenos, aceitando sua complexidade e contexto. (GUMMESSON, 2006).

A pesquisa possui objetivo exploratório, pois visa proporcionar maior familiaridade com o problema, buscando elementos ainda pouco explorados, principalmente no Brasil, favorecendo o aprimoramento de ideias e contribuindo para ampliar o discernimento do pesquisador sobre o tema investigado. (GIL, 2002; VERGARA, 1998; EISENHARDT, 1989). Foi utilizado o estudo de caso como método de pesquisa, pois consiste no estudo profundo de um número restrito de situações gerenciais no contexto em que elas acontecem. (BONOMA, 1985; CAMPOMAR, 1991; YIN, 2013).

Como estratégia de estudo foi utilizado o estudo de caso único em empresa fornecedora de logística reversa que faz uso da tecnologia de rastreamento RFID em seus processos de

reciclagem e destinação de resíduo eletroeletrônico, situada na cidade de Sorocaba - SP. Essa opção proporciona ao pesquisador maior profundidade no caso estudado (YIN, 2013) e dentro do contexto nacional, a análise detalhada de uma das poucas empresas de reciclagem que fazem uso da tecnologia RFID na logística reversa de REEE, pode oferecer uma visão do setor como um todo.

O critério de seleção do caso tomou por base, empresa direcionada a aplicar o conceito de economia circular no mercado eletroeletrônico no Brasil, oferecendo soluções de reciclagem com uso parcial ou integral da tecnologia de rastreabilidade RFID. Dessa forma, a análise do caso permite identificar holisticamente o tempo de processamento que está atrelado as atividades integradas de logística reversa de REEE por intermédio do RFID.

Para coletar os dados foram consultados respondentes que participam do gerenciamento, do canal reverso, mas centralizando as informações coletadas na gerente responsável pelas atividades de pesquisa e desenvolvimento da reciclagem de resíduos eletroeletrônicos e com conhecimentos técnicos dos processos de produção na empresa investigada. Essa decisão teve por objetivo a seleção de uma respondente chave, na qual Yin (2013) aponta que respondentes bem informados são fonte essencial de evidências e podem fornecer importantes *insights* para o estudo de caso investigado.

Os instrumentos de pesquisa aplicados para cumprir com os objetivos da pesquisa exploratória contribuem para tratar dos problemas de validade do constructo e da confiabilidade da evidência do estudo de caso. (YIN, 2013). As fontes de evidências que foram consideradas nessa pesquisa contam com: observações diretas e entrevistas semiestruturadas que foram transcritas e anexadas ao banco de dados, produzindo assim uma narrativa do estudo.

3. Resultados e Discussão

A empresa investigada é uma recicladora que desenvolve infraestrutura e tecnologia para coletar e transformar REEE em matéria prima e peças para novos produtos. Com base em uma economia circular, a empresa busca gerar valor a partir do que antes era descartado, reinserindo materiais na cadeia produtiva e reduzindo a dependência de recursos naturais.

A empresa investigada possui aproximadamente seis anos de existência e processou 1.340 toneladas de REEE, totalizando 270 toneladas de plástico reciclado em 2015. A companhia apresenta soluções sustentáveis voltadas para o mercado de REEE, integrando logística reversa, processamento dos materiais e investimentos em pesquisa e desenvolvimento,

buscando novos usos para os componentes recebidos, a fim de garantir qualidade ao material produzido, mas também promover inclusão social e educação ambiental.

Em contraponto ao tradicional modelo linear de produção, da extração dos recursos naturais ao descarte final dos produtos pós-consumo, a empresa investigada adota um processo circular: em conjunto com seus clientes, pensa os materiais em ciclos contínuos, fabricação, uso, recuperação, desmontagem e remanufatura. A Figura 1 apresenta os processos da economia circular com base na Comissão Europeia (2015) para o desenvolvimento sustentável.

Figura 1 – Economia Circular



Fonte: Comissão Europeia (2015) adaptada

Conforme apresentado no processo de economia circular, a empresa do estudo de caso atua logo após o consumo de produtos eletroeletrônicos como impressoras, celulares, cartuchos de tinta para impressoras entre outros equipamentos, que são desmontados, descaracterizados e separados de acordo com suas propriedades (plástico, cor, metal, fitos, entre outros). O plástico reciclado é reinserido ao ciclo de negócios como matérias primas de qualidade igual ou equivalente ao mesmo material de origem primária, podendo ser reprocessado diversas vezes, reduzindo assim a extração de material virgem, energia e emissões. Os demais resíduos (metais ferrosos, alumínio, papelão) são encaminhados para centros de reciclagem especializados.

Com o objetivo de atender a demanda da indústria, cumprir com os requisitos ambientais do governo, como a Política Nacional de Resíduos Sólidos e aprimorar as informações no fluxo reverso da economia circular, ou seja, da coleta à reinserção da matéria prima na cadeia produtiva, a empresa analisada faz uso da identificação por radiofrequência (RFID) para alguns produtos de um cliente específico.

Atualmente a empresa utiliza a tecnologia em uma determina linha de impressoras de um dos seus clientes (fabricante). Os equipamentos recebem a identificação RFID através de uma etiqueta fixada ao produto e quando chegam ao final de sua vida útil, são descartados e coletados pela empresa, onde são identificados através do leitor de RFID. Esse reconhecimento permite que o sistema receba informações por meio de ondas de rádio, as quais abastecem com informações sobre as características dos produtos coletados como: materiais constituintes, processos de desmontagem, dimensões para armazenamento, possíveis reutilizações e destinações para a matéria prima resultante.

As etiquetas e os leitores são os componentes de hardware que armazenam e processam as informações; o terceiro componente, o mediador, é um software que atua como uma ponte entre os dados que são processados pelo leitor das etiquetas RFID e a transmissão dessas informações para uma base de dados central. (BHUARTANI AND MORADPOUR, 2005).

Para os equipamentos que já utilizam dessa tecnologia, a identificação, registro e processamento dos dados são feitos de forma automática e instantânea, armazenadas na base de dados da empresa, conforme esquematizado na Figura 2; entretanto os demais equipamentos coletados são processados manualmente, o que exige maior tempo de processamento e mão de obra, impactando diretamente nos custos de reciclagem, conforme mencionado pela empresa investigada.

Figura 2 - Os elementos básicos da tecnologia RFID são etiquetas, leitores e mediador



Fonte: Langer et al. (2007) adaptado

No processo de identificação dos produtos coletados, a utilização do RFID pelo fabricante (cliente) é um grande facilitador, pois é possível determinar, sem a necessidade de outros

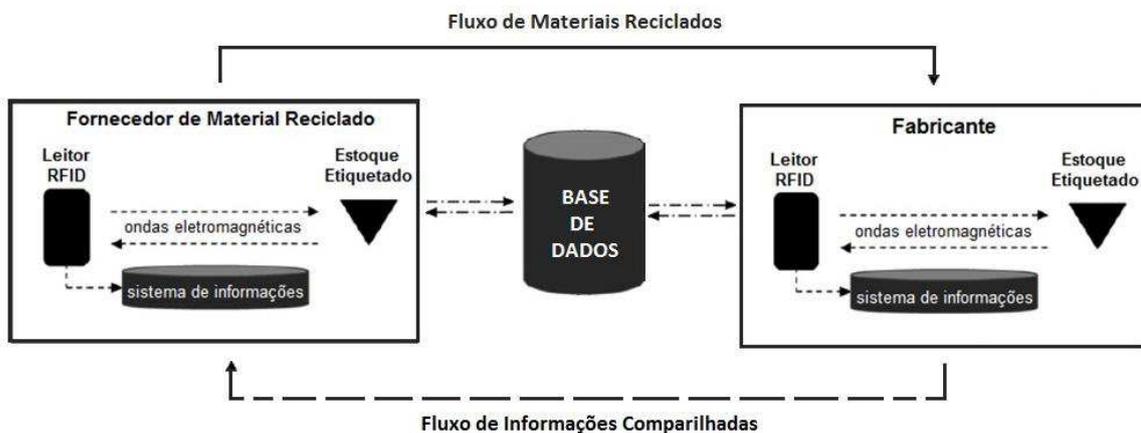
processos, quais são os tipos de plásticos, metais e outros materiais presentes para a reciclagem, previamente registrados no sistema. Esse reconhecimento facilita os processos de separação e desmontagem, tidos como mais crítico e que demandam maior tempo, segundo a empresa, informação que corrobora com os trabalhos publicados por Cui e Forssberg (2003), Ostojic et al. (2008) e Rüdiger et al. (2012).

Assim que os caminhões de coleta chegam à empresa, é realizado o processo de separação dos produtos que posteriormente serão armazenados. No momento da separação dos equipamentos, leitores RFID buscam informações sobre os produtos e aqueles que forem identificados têm sua entrada registrada de forma instantânea e são selecionados com o intuito de facilitar a posterior desmontagem e separação de seus componentes. Os demais equipamentos precisam ser desmontados para identificar suas composições.

O processo de desmontagem dos equipamentos se torna mais ágil com a identificação por rádio frequência - RFID, pois permite conhecer com precisão e rapidez a composição das peças que estão nos aparelhos descartados antes mesmo de sua desmontagem, o que oferece benefícios não só para a armazenagem, como também para as atividades de processamento, recuperação de materiais e reciclagem.

Os autores Nativi e Lee (2012) apontam que a tecnologia RFID oferece soluções gerenciais através do monitoramento em tempo real, revisão contínua, compartilhamento de informações entre os players e visibilidade entre estoques, ajudando assim a cadeia de suprimentos com as mudanças que podem ocorrer no sistema gerencial. Esses benefícios integram os processos da cadeia por meio do fluxo de materiais e também pelo fluxo de informações, conforme apresentando na Figura 3.

Figura 3 - Configuração do RFID Integrado



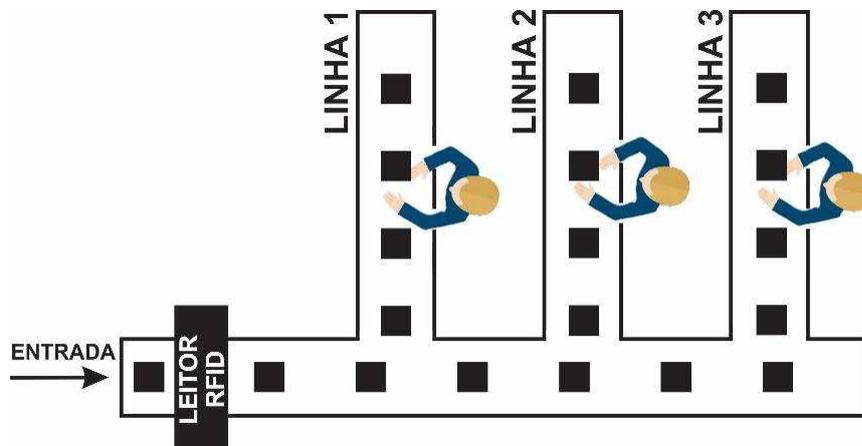
Fonte: Nativi e Lee (2012) adaptado

Conforme identificado no estudo, as estruturas dos materiais armazenados nas etiquetas e processadas pelo leitor RFID no momento em que entram na empresa, são informações que facilitam e podem antecipar as decisões dos responsáveis pelo planejamento e controle da produção, proporcionando maior visibilidade dos tempos de produção, ajuste antecipado das linhas de produção, maior acuracidade para gerenciar estoques, dinamizar a operação por controle de FIFO e programar despachos de matéria prima reciclada para o cliente.

Outro uso do RFID como ferramenta para diminuir os tempos de processamento na reciclagem de REEE e, conseqüentemente, seus custos, é a automação das linhas de desmontagem. Apesar de Cui e Forssberg (2003) citarem diversos problemas práticos na automação das linhas de desmontagem de equipamentos de REEE, tais como: (1) a grande diversidade de produtos, (2) pequena quantia de um mesmo tipo de produto a ser desmontado e (3) falta de produtos com *ecodesign* que facilitem o processo de desmontagem; os autores ressaltam as vantagens competitivas que essa automação traria ao processo como ferramenta tecnológica para auxiliar e viabilizar a automação dos processos, sendo assim o RFID se apresenta como importante instrumento.

De acordo com Ostojic et al. (2008) a utilização do RFID na automação das linhas de desmontagem podem reduzir o tempo de processamento na reciclagem do REEE em até 17%. Rüdiger et al. (2012) e Ostojic et al. (2008) propõem sistemas de automação como o apresentado na Figura 4, em que um leitor de RFID é colocado no início das linhas de desmontagem e, através da identificação do tipo de produto, direciona o equipamento para a linha que está preparada para receber e processar aquele tipo específico de produto.

Figura 4 - Modelo de automação de linha de desmontagem de REEE



Fonte: Rüdiger et al. (2012) adaptado

Apesar dos benefícios citados, para a empresa do estudo de caso, não existe viabilidade para implementação da automação da desmontagem via utilização do RFID devido a: (1) atualmente a empresa trabalha com apenas uma linha de desmontagem, que tem seu *setup* alterado a cada novo lote de produto diferente. Essa limitação ocorre principalmente pelo déficit de matéria prima (REEE) para processamento na planta e (2) apesar da infraestrutura de leitura de RFID instalada na empresa, falta os fabricantes iniciarem a implementação da tecnologia em seus produtos para que se torne viável os investimentos na área, pois hoje a quantidade de equipamentos com a tecnologia é muito pequena.

A investigação realizada na empresa aponta que a utilização do RFID para os processos de logística reversa podem representar importantes ganhos na redução do tempo de processamento organizacional, oferecendo maior agilidade e menor tempo de resposta para gerenciar as atividades da empresa, além de facilitar a demonstração dessa destinação tanto para fins legais da PNRS quanto para marketing. A Figura 5 apresenta a síntese desses benefícios no tempo de processamento de REEE por intermédio da tecnologia de identificação e rastreo RFID analisada nesse estudo de caso.

Figura 5 - Benefícios do Tempo de Processamento de REEE através do RFID



Fonte: Elaborado pelos autores

4. Conclusões

Através do estudo de caso analisado foi possível compreender melhor as possibilidades de utilização da tecnologia de identificação RFID para melhorar os tempos de processamento nas etapas do processo de reciclagem de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos. Ganhos nas etapas de separação e desmontagem, bem como a utilização do sistema RFID para a automação de partes do processo e ainda a maior agilidade na obtenção de informações, tanto para uso interno da empresa, ajudando no planejamento e controle da produção, quanto para registro em tempo real do material reciclado que pode ser utilizado pelos fabricantes para cumprimento de suas obrigações legais, foram abordados.

A partir dos resultados encontrados é possível compreender melhor as vantagens da utilização do RFID como instrumento para ganhos operacionais das empresas de reciclagem de REEE, bem como algumas das limitações enfrentadas atualmente por uma empresa de reciclagem no Brasil que faz uso da tecnologia.

Apesar dos diversos benefícios apresentados para ganhos de tempo e redução de custos nas operações de reciclagem apresentados com a utilização da identificação RFID, a baixa implementação das etiquetas RFID por parte dos fabricantes limita sua utilização. Segundo diversos trabalhos publicados sobre a utilização da tecnologia, como Angeles (2005), Juels (2006), Want (2006) e Reyes, Li e Visich (2016), a principal barreira apontada para uma maior utilização da tecnologia pelas empresas em seus produtos ainda é o custo da etiqueta, maior em comparação ao modelo usual de identificação de produtos pelo código de barras.

Segundo Reyes, Li e Visich (2016), com a contínua redução no custo de implementação de RFID no futuro, espera-se que aja uma crescente utilização da tecnologia pelas empresas, transpondo a vigente barreira para seu uso em larga escala. Essa redução de custos pode resultar de uma redução direta no custo das etiquetas, leitores e software e/ou compartilhamento de custos com parceiros da cadeia de suprimentos. Com a redução gradativa dos custos das etiquetas RFID, o aumento da consciência ambiental de empresas e sociedade e, por consequência, o enrijecimento da legislação que trata do descarte correto dos REEE, espera-se que a utilização da tecnologia aumente e que permita ao processo de reciclagem ser mais competitivo em custos frente à utilização de matéria prima virgem.

Limitações de Pesquisa e Direções para Futuros Estudos

As limitações metodológicas dessa pesquisa estão associadas com a convergência de informações na coleta de dados para um único respondente, no qual está sujeito à

subjetividade e pontos de vista, que podem influenciar no estudo em questão. (VOSS; TSIKRIKTSIS E FROHLICH, 2002). Além disso, o estudo destaca os benefícios no tempo de processamento de REEE através do RFID, no entanto, por apresentar forte dependência do fabricante para implementar e fazer uso da tecnologia em larga escala, a empresa ainda utiliza o RFID em carácter experimental, o que limitou o aprofundamento dessa aplicação.

Contudo, contribuindo para o desenvolvimento de pesquisas futuras, o estudo fornece caminhos para a investigação de estudos quantitativos que busquem mensurar o benefício atrelado ao tempo de processamento de REEE, por meio da utilização de RFID. Essa análise pode fornecer dados relevantes para o investimento na tecnologia, levando em consideração os resultados obtidos quantitativamente.

5. Referências

ANGELES, R. Emerging Technologies: Supply-Chain Applications and Implementation Issues. **Information Systems Management**, v. 0530, n. September, p. 51–65, 2005.

BRASIL. (2010) Lei 12.305, de 02 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 2010.

BALDÉ, C.P., WANG, F., KUEHR, R., HUISMAN, J., The global e-waste monitor – 2014, **United Nations University**, IAS – SCYCLE, Bonn, Germany, 2015.

BHUPTANI, M., S. MORADPOU. RFID Field Guide: Deploying Radio Frequency Identification Systems. **Prentice Hall Professional Technical Reference**, Upper Saddle River, NJ, 2005.

BONOMA, T. V. Case research in marketing: opportunities, problems, and a process. **Journal of Marketing Research**, v. 22, n. 2, p. 199-208, 1985.

CAMPOMAR, M. C. Do uso do “estudo de caso” em pesquisas para dissertações e teses em administração. **Revista de Administração**, v. 26, n. 3, p. 95-97, 1991.

COMISSÃO EUROPEIA. (2015). Circular economy: the importance of re-using products and materials. Disponível em: <<http://www.europarl.europa.eu/news/en/news-room/20151201STO05603/circular-economy-the-importance-of-re-using-products-and-materials>> Acesso em 15 de novembro de 2016.

CUI, J.; FORSSBERG, E. Mechanical recycling of waste electric and electronic equipment: A review. **Journal of Hazardous Materials**, v. 99, n. 3, p. 243–263, 2003.

ECHEGARAY, F.; HANSSTEIN, F. V. Assessing the intention-behavior gap in electronic waste recycling: The case of Brazil. **Journal of Cleaner Production**, 2015.

EISENHARDT, K. M. Building theories from case study research. **Academy of Management Review**, v. 14, n. 4, p. 532-550, 1989.

FERNANDO, A. S. et al. Cost Assessment and Benefits of Using RFID in Reverse Logistics of Waste Electrical & Electronic Equipment (WEEE). **Procedia Computer Science**, v. 55, p. 688-697, 2015.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. **São Paulo**, v. 5, p. 61, 2002.

GODOY, A. S. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. **Revista de administração de empresas**, v. 35, n. 2, p. 57-63, 1995.

GUMMESSON, E. Qualitative research in management: addressing complexity, context and persona. **Management Decision**, v. 44, n. 2, p. 167-179, 2006.

JUELS, A. RSA Laboratories - RFID Security and Privacy: A Research Survey. **Journal of Selected Areas in Communication**, v. 24, n. 2, p. 381–394, 2006.

LANGER, N. et al. Assessing the impact of RFID on return center logistics. **Interfaces**, v. 37, n. 6, p. 501–514, 2007.

LEE, C. K. M.; CHAN, T. M. Development of RFID-based Reverse Logistics System. **Expert Systems with Applications**, v. 36, n. 5, p. 9299–9307, 2009.

LEITE, Paulo Roberto. Logística reversa: meio ambiente e competitividade. **Pearson Prentice Hall**, 2009.

NATIVI, J. J.; LEE, S. Impact of RFID information-sharing strategies on a decentralized supply chain with reverse logistics operations. **International Journal of Production Economics**, v. 136, n. 2, p. 366–377, 2012.

OSTOJIC, G. et al. Radio frequency identification technology application in disassembly systems. **Strojnik Vestnik/Journal of Mechanical Engineering**, v. 54, n. 11, p. 759–767, 2008.

PARLIKAD, A. K.; MCFARLANE, D. RFID-based product information in end-of-life decision making. **Control Engineering Practice**, v. 15, n. 11, p. 1348–1363, 2007.

REYES, P. M.; LI, S.; VISICH, J. K. Determinants of RFID adoption stage and perceived benefits. **European Journal of Operational Research**, v. 254, n. 3, p. 801–812, 2016.

RÜDIGER, D. et al. Towards Efficient End-of-Life Processes of Electrical and Electronic Waste with passive RF communication. **Electronics Goes Green 2012+, ECG 2012 - Joint International Conference and Exhibition**, n. IML, 2012.

StEP - Solving the e-waste problem: a synthetic approach (StEP), Draft Project Document (2005). Disponível em: <http://www.stepinitiative.org/Overview_Brazil.html> Acesso em: 01 de novembro de 2016.

THOROE, L.; MELSKI, A.; SCHUMANN, M. The impact of RFID on management of returnable containers. **Electronic Markets**, v. 19, n. 2-3, p. 115–124, 2009.

VERGARA, S. C. Projetos e relatórios de pesquisa em administração. 2ª edição. **São Paulo: Atlas**, 1998.

VOSS, C.; TSIKRIKTSIS, N.; FROHLICH, M. Case research in operations management. **International journal of operations & production management**, v. 22, n. 2, p. 195-219, 2002.

WANT, R. An Introduction to RFID Technology. **IEEE Pervasive Computing**, v. 5, n. 1, p. 25–33, jan. 2006.

WIDMER, R. et al. **Global perspectives on e-waste**. v. 25, p. 436–458, 2005.

YIN, R. K. Case study research: Design and methods. **Sage publications**, 2013.