

REAVI

UM ESTUDO BIBLIOMÉTRICO DA ÚLTIMA DÉCADA NA WEB OF SCIENCE: PESQUISAS ENVOLVENDO REMANUFATURA E TEORIA GERAL DOS SISTEMAS

A LAST DECADE BIBLIOMETRIC STUDY ON THE WEB OF SCIENCE: RESEARCH INVOLVING REMANUFACTURING AND GENERAL SYSTEMS THEORY

Glauco Oliveira Rodrigues *

Marcelo Cassanta **

Marcos Morgental Falkembach ***

Carlos Piovesan ****

Roberto de Gregori *****

Roni Storti de Barros *****

RESUMO

Diante do esgotamento dos recursos naturais e a poluição do meio ambiente estimulou-se a discussão sobre os atuais padrões de consumo e o modo como as instituições vêm desenvolvendo suas atividades. Uma das propostas é pensar no reaproveitamento de produtos já criados, para isso, a manufatura surge como um processo que traz vantagens ambientais e econômicas. Sendo assim, este artigo tem como objetivo investigar os estudos propostos sobre remanufatura e teoria geral dos sistemas, já que convivemos com diferentes sistemas no nosso cotidiano, nos últimos dez anos na *Web Of Science*. Para isso, adotou uma análise bibliométrica. A análise das publicações na base de dados *Web of Science*, resultou em 2212 artigos e constatou-se que a quantidade de estudos acerca da temática no período compreendido entre 2011 e 2020 vêm aumentando gradativamente. Quanto ao número de artigos por países, os Estados Unidos lideram o *ranking* de publicações, seguidos da China. Dentre os tipos de produções, o formato de artigo é o mais escolhido entre os pesquisadores.

Palavras-chave: bibliométrico; remanufatura; teoria de sistemas.

ABSTRACT

In view of the depletion of natural resources and the pollution of the environment, discussion about current consumption patterns and the way in which institutions have been developing their activities was stimulated. One of the proposals is to think about the reuse of products that have already been created, for this, manufacturing emerges as a process that brings environmental and economic advantages. Therefore, this article aims to investigate the proposed studies on remanufacturing and general systems theory, as we live with different systems in our daily lives, in the last ten years in the *Web Of Science*. For this, it adopted a bibliometric analysis. The analysis of publications in the *Web of Science* database resulted in 2212 articles and it was found that the number of studies on the subject in the period between 2011 and 2020 has been increasing gradually. As for the number of articles by country, the United States leads the ranking of

* UFSM — Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: glaucop10@redes.ufsm.br

** UFSM — Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: glaucorodriguesp10@gmail.com

*** UFSM — Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: glaucorodriguesp10@gmail.com

**** UFSM — Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: glaucorodriguesp10@gmail.com

***** UFSM — Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: glaucorodriguesp10@gmail.com

***** UFSM — Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: luciane.v@ienh.com.br

publications, followed by China. Among the types of productions, the article format is the most chosen among researchers.

Keywords: bibliometric; remanufacturing; systems theory.

Data de submissão: 29 de junho de 2021

Data de aprovação: 15 de outubro de 2021

Disponibilidade: DOI 10.5965/2316419010172021020

1 INTRODUÇÃO

A evolução das tecnologias de informação e comunicação impulsiona a criação e o aprimoramento de equipamentos que tanto auxiliam a solução de problemas e automatizam tarefas, quanto facilitam a comunicação e o entretenimento. Em contrapartida, os dispositivos eletrônicos usualmente possuem vida útil pré-definida: após determinado tempo de uso, geralmente determinado pelo fabricante, esses aparelhos tendem a deixar de funcionar e se tornam “lixo eletrônico”. Quando mal descartados, os equipamentos causam prejuízos ao meio ambiente, que vão da criação de lixões com centenas de milhões de dispositivos, até o ocasionamento de doenças, em virtude das substâncias tóxicas presentes nos aparelhos (FERREIRA E FERREIRA, 2008).

A indústria de Tecnologia da Informação (TI) não era vista como poluidora, cenário que vem sendo alterado devido ao ciclo de vida dos equipamentos, cada vez mais curto, que contribui para a geração de grandes volumes de lixo tecnológico, os quais, muitas vezes, não têm destino correto (MATTOS; MATTOS; PERALES, 2008). Uma série de substâncias químicas está presente nos equipamentos eletrônicos, como mercúrio, cádmio, arsênio, cobre, chumbo e alumínio, e podem penetrar o solo, atingir e contaminar lençóis freáticos, prejudicando plantas e animais (MATTOS; MATTOS; PERALES, 2008).

Equipamentos elétricos e eletrônicos são substituídos com maior ou menor periodicidade devido à obsolescência, que se subdivide em três categorias: (i) *obsolescência técnica ou funcional*, que ocorre quando um equipamento torna inútil seu antecessor, ou quando o novo se mostra mais eficiente ou viável economicamente; (ii) *obsolescência perceptiva*, a qual se relaciona a questões de *status* ou “pertencimento” relativos ao uso de um determinado equipamento; e (iii) *obsolescência planejada*, promovida pela redução de vida útil de determinado equipamento com o objetivo de promover reposição do item e, conseqüentemente, novas vendas (OLIVEIRA, 2014).

A queda no tempo de vida útil de equipamentos é um fato que vem sendo registrado ao longo da história recente. No caso de CPU, teria caído de seis para dois anos (CULVER, 2005). Para aparelhos de telefonia móvel, a vida seria de menos de dois anos (WIDMER et. al, 2005), chegando a três anos no caso de smartphones (ERCAN et. al, 2016). No caso das impressoras, admite-se que a vida útil desse tipo de equipamento varia de dois a oito anos (BOUSQUIN et. al, 2012), utilizadas tanto em ambientes domésticos quanto corporativos. É preciso, portanto, buscar formas de amenizar as conseqüências do consumo elevado, que, juntamente com a obsolescência programada e o intenso ritmo de inovação, acaba por tornar grande parte dos equipamentos eletrônicos sucata tecnológica em curtos períodos (ROCHA et. al, 2010).

O modelo de crescimento vivenciado depois da revolução industrial e impulsionado após as guerras mundiais tem levado a um crescente acúmulo de resíduos, pois considera os recursos naturais abundantes e sempre disponíveis, fazendo uso deles sem preocupação com desperdícios

ou descarte (LEITÃO, 2015). Para evitar ou diminuir os danos ambientais, é preciso buscar abordagens com enfoque em racionalização ambiental e econômica, com modelos voltados não somente ao mercado, mas também ao planeta (LEITÃO, 2015).

A remanufatura, em especial, é o processo de devolução de um produto usado para uma condição semelhante à nova, por meio de inspeção, desmontagem, limpeza, reprocessamento, montagem e teste (HATCHER; IJOMAH; WINDMILL, 2013). O processo compreende a recuperação do valor agregado de um produto, tornando-o similar à quando ele foi manufaturado pela primeira vez, reduzindo gastos energéticos e custos envolvidos com a produção (GRAY & CHARTER, 2008). Trata-se, portanto, de um procedimento importante para a remanufatura, já que recoloca em uso produtos que possivelmente seriam descartados, em iguais condições de um produto novo.

Neste sentido, o estudo tem como objetivo analisar as características das publicações relacionadas à Remanufatura e Teoria Geral de Sistemas na base *Web of Science* (WOS) da ISI *Web of Knowledge* no período de 2011 a 2020. A WOS consiste em uma base multidisciplinar que possui cerca de 9.000 periódicos indexados, sendo que indexa somente os periódicos mais citados em suas respectivas áreas.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Pesquisadores como Braungart, McDonough, Anastas e Zimmerman (2003), Fiskel (2009), Ellen MacArthur Foundation (2012) afirmam que a economia mundial tem sido fundamentada por meio de um modelo linear de negócios, ou seja, baseado em extrair, transformar, produzir, utilizar e descartar (e, às vezes, reciclar ou incinerar – LEITÃO, 2015). Devido à possível escassez de recursos naturais, este modelo começa a ser questionado por organizações ambientais e governos. Projeções futuras indicam incompatibilidade entre os níveis de produção e consumo atuais e a disponibilidade de recursos naturais para as próximas gerações (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME - UNEP, 2011).

Para embasar o problema da remanufatura é apresentado um prévio referencial sobre lixo eletrônico, buscando exemplificar o problema que a tecnologia pode trazer para a atualidade.

2.1 LIXO ELETRÔNICO

Também denominado resíduo eletrônico, lixo tecnológico, lixo digital ou *e-waste*, o lixo eletrônico é constituído por aparelhos eletrodomésticos, equipamentos e componentes eletroeletrônicos de uso doméstico, industrial, comercial ou do setor de serviços que estejam em desuso e sujeitos à disposição final; enquadram-se nesta categoria componentes e periféricos de computadores, monitores e televisores, acumuladores de energia (baterias e pilhas), e produtos magnetizados (BRASIL, 2010).

A preocupação com o descarte desses componentes decorre do potencial poluidor/tóxico de muitos dispositivos: entre as substâncias presentes nos resíduos eletrônicos consideradas mais problemáticas do ponto de vista ambiental e da saúde humana estão os metais pesados, gases de efeito estufa – como os cloro flúor carbonetos (CFC) – substâncias halogenadas, bifenilas policloradas, bromatos e, ainda, o arsênio (RODRIGUES, 2007).

REAVI

O Quadro 1 sintetiza uma série de substâncias potencialmente tóxicas que estão presentes em aparelhos eletrônicos, de modo geral.

Quadro 1 – Substâncias encontradas em dispositivos eletrônicos

Componente	Dispositivos
Mercúrio	Computadores, Monitores e TV de plasma.
Cádmio	Computadores, monitores de tubo e baterias de laptops.
Arsênio	Celulares
Berílio	Celulares
Retardantes de chamas	Usados para prevenir incêndios em diversos eletrônicos
Chumbo	Computador, celular e televisão.
Bário	Lâmpadas fluorescentes e tubos.
PVC	Usado em fios para isolar correntes

Fonte: Adaptado Ferreira e Ferreira (2008, p. 1650).

Segundo Guedes, Oliveira e Lima (2010, p. 3) “a maioria desses elementos é desperdiçada em coletas insuficientes, reciclagens inapropriadas e também com a exportação ilegal do lixo”. Nesse processo, há grandes emissões de substâncias perigosas que podem afetar a sociedade, já que o descarte inadequado pode contaminar o solo, os esgotos e o lençol freático, atingindo, assim, tanto a água potável quanto a água de irrigação de plantações e, conseqüentemente, os alimentos cultivados nestes solos.

No Brasil, existe um lento processo para aprovação das políticas para tratamento de resíduos sólidos, apesar de haver projetos em andamento no Congresso Nacional como o que trata o lixo eletrônico como resíduo reverso, responsabilizando os fabricantes pelo manejo antes da disposição final (SILVA, 2013, p. 33).

2.2 REMANUFATURA

A remanufatura é um processo de transformação de produtos usados em produtos com a mesma qualidade, funcionalidade e garantia de quando novos, consistindo em processos para desmontar, limpar, inspecionar, reparar, substituir e remontar os componentes de um produto para restaurá-lo à sua condição inicial (MATSUMOTO et. al, 2016).

Para Hatcher, Ijomah e Windmill (2013), remanufatura é o processo de devolução de um produto usado para uma condição semelhante à nova, por meio de inspeção, desmontagem, limpeza, reprocessamento, montagem e teste. A remanufatura compreende a recuperação do valor agregado de um produto, tornando-o similar à quando ele foi manufaturado pela primeira vez, reduzindo os gastos energéticos e custos envolvidos com a produção (GRAY; CHARTER, 2008). A remanufatura traz benefícios econômicos, ambientais e sociais, uma vez que diminui os custos para a produção, reduz os gastos energéticos e a disposição de resíduos, e permite a geração de emprego e venda de produtos por preços mais acessíveis que os novos, o que, nos últimos anos, tem atraído crescente atenção global (MATSUMOTO et. al, 2016).

3 MÉTODO DE PESQUISA

Neste artigo bibliométrico reunimos dados da *Web Of Science*, repositório amplamente referido (MUHURI; SHULA; ABRAHAM, 2019). A bibliometria é uma técnica quantitativa e estatística que visa medir os índices de produção e divulgação de descobertas científicas

REAVI

(QUEVEDO et al, 2016). As palavras-chaves utilizadas para a consulta de pesquisa é: ' *remanufacturing* ' e ' *egeneral theory of systems* '. A pesquisa foi realizada em 10 de junho de 2021. Os índices utilizados foram: Citação em Ciências Expandido (SCI-E) e Índice de Citação em Ciências Sociais (SSCI).

Logo após a escolha da referida base delimitou-se os seguintes campos para análise: (a) seleção por tópico; (b) apenas artigos; e (c) publicados nos últimos 10 anos (2011 a 2020). Ao todo, foram localizadas 2212 publicações no período. Em seguida, para fins de análise, foram identificados os itens elencados na Tabela 1.

Tabela 1 – Modelo conceitual para análise bibliométrica

Características analisadas
Total de publicações por ano
Área de Pesquisa
Tipos de Documento
Instituições
Agências Financiadoras
Autores mais citados
Título da Fonte
Países

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados da pesquisa evidenciam as principais características da produção científica relacionados com os termos *remanufacturing* e *general theory of systems*. A partir do levantamento realizado na base *Web of Science* é possível identificar no Quadro 2 o total de artigos publicados no período.

Quadro 2 – Total de artigos publicados por ano

Ano	Quantidade	Percentual (%)
2020	704	31,612
2019	534	23,978
2018	362	16,255
2017	251	11,271
2016	161	7,329
2015	85	3,917
2014	67	3,109
2013	34	1,657
2012	8	0,459
2011	6	0,369

Fonte: Autores (2021).

Pela análise do Quadro 2 observa-se que entre os anos de 2010 e 2011 as publicações na área tem aumento considerável, passando da diferença de publicação anual de dois artigos (considerando a diferença entre 2009 e 2010) para 26 artigos publicados. Pode-se afirmar que a partir do ano de 2011 é crescente a publicação de artigos na área de remanufatura abordando a teoria geral de sistemas. Percebe-se pelo quadro 2 a crescente de produção na área estudada, demonstrando a importância da área de remanufatura para a pesquisa em escala mundial. É perceptível o crescente interesse por pesquisas que contemplem a remanufatura demonstrando o quanto cada vez mais vem se discutindo sobre a questão do fim de vida dos produtos na tentativa

Revista Eletrônica do Alto Vale do Itajaí – REAVI, v.10, nº 17, p. 020-030, dez. 2021.

de reduzir o consumo dos recursos naturais, bem como a geração de resíduos, como também, buscando formas para se utilizar menos energia. No Quadro 3 visualizam-se as principais áreas pesquisadas relacionadas à remanufatura.

Quadro 3 –Total de artigos publicados por área de pesquisa

Nº.	Área de pesquisa	Quantidade	Percentual (%)
1	<i>Environmental Sciences</i>	906	40,683
2	<i>Green Sustainable Science Technology</i>	752	33,767
3	<i>Engineering Enviromental</i>	681	30,579
4	<i>Engineering Manufacturing</i>	323	14,504
5	<i>Engineering Industrial</i>	320	14,369
6	<i>Operations Research Management</i>	297	13,336
7	<i>Management</i>	221	9,924
8	<i>Environmental Studies</i>	186	8,352
9	<i>Business</i>	142	6,376
10	<i>Applications</i>	102	4,580

Fonte: Autores (2021).

Ao analisar o Quadro 3 os dados evidenciam que entre as 10 áreas que mais produzem, a grande área de conhecimento da Engenharia aparece três vezes, somando aproximadamente 1324 artigos, deste modo, permite inferir que são os maiores interessados pela temática. Porém a área maior produtora de pesquisas é a área de ciências ambientais, corroborando com o objetivo da remanufatura em diminuir o impacto ambiental causado pela geração de novos produtos ao invés de reaproveitar os componentes em bom estado. Com 36% destaca-se a TI verde, com 752 trabalhos. Na sequência, o Quadro 4 contempla o principal modo de documentação e divulgação das pesquisas.

Quadro 4 –Tipo de documentos

Nº.	Tipos de Documentos	Quantidade	Percentual (%)
1	Article	1741	78,177
2	Proceedings Papers	248	11,136
3	Review	228	10,238
4	Early Acess	53	2,38
5	Editorial Material	53	2,38

Fonte: Autores (2021).

Dentre os diferentes modos de divulgação de estudos/pesquisas científicas o quadro 4 apresenta os cinco mais utilizados. O formato de artigo é o mais utilizado pelos pesquisadores, totalizando cerca de 1741 artigos, dominando este aspecto com 78,177%. Além de artigo “*Proceedings Papers*” e “*Proceedings Papers*” totalizando juntos 21%, sendo assim os 3 maiores modos de divulgação da temática. O quadro 5 apresentam quais são as instituições com maior interessada na temática abordada.

REAVI

Quadro 5 – Instituições de Ensino

Nº.	Instituições de Ensino	Quantidade	Percentual (%)
1	Tsinghua University	51	2,29
2	Indian Institute of Technology System	35	1,572
3	University of Southern Denmark	34	1,527
4	Chongqing University	32	1,437
5	Delft University of Technology	30	1,347
6	Scientifique	28	1,257
7	Chinese Academy of Sciences	28	1,257
8	Hong Kong Polytechnic University	27	1,212
9	Shanghai Jiao Tong University	27	1,212
10	Islamic Azad University	25	1,123

Fonte: Autores (2021).

Quanto às instituições que mais publicam artigos sobre a temática, a *Tsinghua University* lidera este quesito, onde é possível constatar 51 trabalhos publicados, representando 2,29% do potencial, segundo a base *WOS*. Em seguida existem outras duas instituições com a diferença de uma produção, a *Indian Institute of Technology System* e a *University of Southern Denmark*. Respectivamente, elas publicaram 35 e 34 trabalhos concomitantemente. O Quadro 6 exibe as 5 agências com maior financiamento e investimento em pesquisas sobre remanufatura com viés da teoria geral dos sistemas.

Quadro 6 – Agências Financiadoras

Nº.	Agências Financiadoras	Quantidade	Percentual (%)
1	National Natural Science Foundation of China	349	15,671
2	Fundamental Research Funds for the Central Universities	73	3,28
3	European Union	52	2,335
4	China PostDoctoral Science Foundation	50	2,245
5	<i>Engineering Physical Sciences Research</i>	36	1,617

Fonte: Autores (2021).

A *National Natural Science Foundation of China* é a agência que mais investiu nas produções, com larga diferença para a segunda maior investidora (*Fundamental Research Funds for the Central Universities*) de aproximadamente 276 produções. A mesma domina este quesito com 349 produções (15,67%). A União Europeia também apresenta bom investimento, totalizando 52 produções.

Os 5 autores com maior índice de publicações estão representados no quadro a seguir (quadro 7).

Quadro 7 – Autores

Nº.	Autores	Quantidade	Percentual (%)
1	LI, J.H.	32	1,437%
2	GOVINDAN, K.	29	1,302%
3	ZENG, X.L.	23	1,033%
4	WANG, Y.	21	0,943%
5	JIANG, Z.G.	15	0,674%

Fonte: Autores (2021).

REAVI

Com 32 publicações o autor Li é o maior publicador do período analisado, com 32 produções, três pesquisas a mais que o segundo maior produtor (Govidan). Zeng e Wang são respectivamente o terceiro e quarto maiores produtores dos últimos dez anos. A seguir será descrito os dez periódicos com maior publicação de pesquisas sobre remanufatura com foco em teoria geral dos sistemas (quadro 8).

Quadro 8 – Total de artigos publicados por fonte

*Nº.	Título da fonte	Quantidade	Percentual (%)
1	<i>Journal of Cleaner Production</i>	466	20,925
2	<i>Sustainability</i>	147	6,601
3	<i>Resources Conservation and Recycling</i>	81	3,637
4	<i>International Journal of Production Research</i>	73	3,278
5	<i>International Journal of Production Economics</i>	48	2,155
6	<i>Procedia CIRP</i>	40	1,796
7	<i>International Journal of Advanced Manufacturing Technology</i>	37	1,661
8	<i>Computers Industrial Engineering</i>	31	1,392
9	<i>Journal of Industrial Ecology</i>	28	1,257
10	<i>Waste Management</i>	27	1,212

*Obs.: exibição dos primeiros 21 registros.

Fonte: Autores (2021).

Nota-se no Quadro 8 a vasta diferença (319 produções) entre o periódico com a primeira posição (466 produções) e o segundo colocado (147). Mas ambos possuem foco igual, produções referentes a sustentabilidade e produção. Boa parte dos periódicos tem como objetivo principal publicar produções com soluções para diminuir o uso de matérias primas oriundas do meio ambiente, mas sim utilizar produtos não utilizados ou descartado para criar novos produtos, reduzindo a produção com recursos nunca utilizados.

O quadro 9 apresenta os países com maior número de pesquisas.

Quadro 9 – Total de artigos publicados por país

*Nº.	País	Quantidade	Percentual (%)
1	China	582	26,134
2	Estados Unidos	341	15,312
3	Inglaterra	216	9,699
4	Índia	160	7,1
5	Itália	119	5,344
6	Brasil	113	5,074
7	França	103	4,625
8	Austrália	101	4,535
9	Canadá	91	4,086
10	Suécia	90	4,041

*Obs.: exibição dos primeiros 21 registros.

Fonte: Autores (2021).

Acerca das publicações por países, visualiza-se no Quadro 9 que a China e os Estados Unidos liberaram o *ranking*, juntos concentram mais de 40% dos trabalhos no período analisado. Sob esse enfoque, Zhang, Yang e Chen (2017) salientam que a remanufatura é uma indústria emergente na China. Entre outras iniciativas, cabe frisar que o referido país é o segundo maior produtor mundial de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos e tem na remanufatura a

forma geralmente adotada para a recuperação desse tipo de resíduo (Liu et al., 2017). Já nos Estados Unidos, conforme Chairman (2012), os produtos remanufaturados representam uma parcela pequena na indústria de produção, mas crescente, cujo investimento quase duplicou passando de US\$ 639 milhões em 2009 para US\$ 1,2 bilhão em 2011. O Brasil já está entre os 10 primeiros países, reforçando o crescimento do tema nos debates acadêmicos e empresariais do país.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A remanufatura é um processo de transformação de produtos usados em produtos com a mesma qualidade, funcionalidade e garantia de quando novos, consistindo em processos para desmontar, limpar, inspecionar, reparar, substituir e remontar os componentes de um produto para restaurá-lo à sua condição inicial (MATSUMOTO et. al, 2016).

A análise de publicações sobre Remanufatura e Teoria Geral dos Sistemas na base de dados *Web of Science* entre os anos de 2011 e 2020 evidenciou a presença de 2212 artigos, dos quais a maioria pertencente à área de Engenharia. Além desta área, na combinação realizada identificou-se que os temas Mudanças Climáticas, Lixo Eletrônico podem ser considerados *hot topics*, ou seja, podem ser considerados como tópicos exclusivos com alcance não apenas na sua própria área de pesquisa.

Estados Unidos e China são os países que dominam as produções, já que são países com índice elevado de produção industrial e alta taxa de geração de resíduos. Ambos investem em pesquisas para gerar novos produtos com seus rejeitos. Os periódicos da engenharia são os que mais procuram produções voltadas à remanufatura, boa parte focadas em análises de impacto ambiental.

No decorrer do trabalho, foi possível averiguar a utilidade da ferramenta de buscas da base de dados *Web of Science* para a realização de pesquisas acadêmicas, podendo ser considerada uma importante ferramenta de auxílio a pesquisadores que busquem informações em sua área de interesse.

Como limitação deste estudo, destaca-se a utilização de apenas uma base de dados específica. Logo, como sugestão de estudos futuros, recomenda-se o aumento da amplitude de fontes, como a utilização de outras bases de dados que contemplem, também, eventos acadêmicos, tanto nacionais quanto internacionais, além de outras fontes de dados científicos. Os *hot topics* também serão explorados em trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS

BRASIL, 2006. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Resíduos**. 3. ed. rev. – Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2010.

BRAUNGART, M.; MCDONOUGH, W.; ANASTAS, P. T.; ZIMMERMAN, J. B. Applying the principles engineering of green cradle-to-cradle design. **Environmental Science and Technology**, v. 37, n. 23, p. 434-441, 2003.

CULVER. **The life cycle of a CPU**. 2005. Disponível em: <http://www.cpushack.net/life-cycle-of-cpu.html>, acesso em dez 2019.

EMF – ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Towards the circular economy:** Economic and business rationale for an accelerated transition. Isle of Wight: EMF, 2012.

FERREIRA, J.M.B; FERREIRA, A.C. A sociedade da informação e o desafio da sucata eletrônica. **Revista de Ciências Exatas e Tecnologia**, São Paulo, v. 3, n. 3, p. 157-170, 2008.

FISKEL, J. **Design for environment:** a guide for sustainable product development. New York: McGrawHill, 2009.

GUEDES, A.C., Oliveira, R.L., & Lima, R.S. (2010). Lixo eletrônico e logística reversa: um estudo de caso em uma associação de catadores de materiais recicláveis. **Anais do Encontro Nacional de Engenharia De Produção**, 30, São Carlos, SP, Brasil

GRAY C., Charter M., **Remanufacturing and Product Design**. In: Farnham, editor. Research Report. UK: University College for the Creative Arts. Design for Remanufacturing: What performances can be expected?, 2007.

HATCHER, G. H.; IJOMAH, W. L.; WINDMILL, J. F. C. Design for remanufacturing in China: a case study of electrical and electronic equipment. **Journal of Remanufacturing**, v. 3, n. 3, p.1-11, 2013.

LEITÃO, Alexandra. Economia circular: uma nova filosofia de gestão para o séc. XXI. **Portuguese Journal of Finance, Management and Accounting**, v. 1, n. 2, 2015.

MATTOS, K. M. da C.; MATTOS, K.M da C.; PERALES, W. J. S. Os impactos ambientais causados pelo lixo eletrônico e o uso da logística reversa para minimizar os efeitos causados ao meio ambiente. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 28, 2008. Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ABEPRO, 2008.

MATSUMOTO, M., Yang, S., Martinsen, K., & Kainuma, Y. (2016). Trends and research challenges in remanufacturing. **International journal of precision engineering and manufacturing-green technology**, 3(1), 129-142.

MUHURI, P. SHUKLA, A. ABRAHAM, A. Industry 4.0: **A bibliometric analysis and detailed overview Engineering Applications of Artificial Intelligence**. v.78 218–235.2019

ROCHA, A. C., CERETTA, G. F., CARVALHO, A. P. LIXO ELETRÔNICO: UM DESAFIO PARA A GESTÃO AMBIENTAL. **Revista TechnoEng**, Ponta Grossa, v. 1, n.2, p. 35-49, jul. 2010.

RODRIGUES, A.C.. **Impactos socioambientais dos resíduos de equipamentos elétricos:** estudo da cadeia pós-consumo no Brasil. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo da UNIMEP. Santa Bárbara do Oeste: SP, 2007.

SILVA, B.G. **Gestão dos Resíduos Eletrônicos da UFSM:** Viabilidade e implementação de uma Política de Reciclagem. Dissertação de Mestrado. UFSM: 2013.

REAVI

WIDMER, R; OSWALD-KRAPF, H; SINHA-KHETRIWAL, D; SCHNELLMANN, M; BÖNI, H. Global perspectives on e-waste. **Environ Impact Assess.** v. 25, n. 5, p. 436–458, 2005.