

## Lixo Eletrônico: um levantamento da produção científica e dos *hot topics* publicados na base *Web of Science* na última década

Electronic Waste: A stocktaking of scientific production and hot topics in the database Web of Science over the last decade

**Adilson Carlos da Rocha**<sup>1</sup>

Universidade Federal de Santa Maria, Brasil  
adilson28@hotmail.com

**Gilberto Francisco Ceretta**<sup>2</sup>

Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil  
gilbertoceretta@gmail.com

**Lucas Veiga Avila**<sup>1</sup>

Universidade Federal de Santa Maria, Brasil  
admlucasveiga@gmail.com

**Caroline Rossetto Camargo**<sup>1</sup>

Universidade Federal de Santa Maria, Brasil  
carolinerc@gmail.com

---

**Resumo.** Este artigo se propôs a analisar as publicações sobre o tema “lixo eletrônico” e identificar as principais áreas ligadas à gestão ambiental que estão sendo estudadas junto ao tema proposto. A pesquisa foi realizada no banco de dados do sistema *Web of Science* da *ISI Web of Knowledge*, procurando identificar principais áreas temáticas, autores, tipos de documentos, título das fontes, ano das publicações, instituições, agências de financiamento, idiomas e países dessas publicações, assim como a identificação dos “*hot topics*” da gestão quando combinados com o tópico “lixo eletrônico”. A análise dos dados teve por base os cálculos dos índices *h-b* e *m* de Banks (2006). De acordo com os resultados deste estudo, o número de publicações cresceu, multiplicando-se em 4 vezes no período analisado, concentrando-se na China e nos Estados Unidos,

**Abstract.** This paper proposes to analyze publications regarding electronic waste and to identify key areas related to environmental management which are being studied with the proposed theme. The research was conducted in the ISI Web of Knowledge database system Web of Science, searching for publications aiming at identifying main themes, authors, document types, title of sources, year of publications, institutions, funding agencies, languages and countries, as well as the identification of management hot topics combined with electronic waste. Data analysis was based on Banks' *h-b* and *m* index (2006). According to the results of this study, the amount of publications grew, increasing 4 times over this period, focusing on China and the United States, with 97.5% of the publications written in English, having the International Symposium

---

<sup>1</sup> Universidade Federal de Santa Maria. Av. Roraima, 1000, Cidade Universitária, Bairro Camobi, Santa Maria, RS, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Rua Maringá, 1200, Bairro Vila Nova, Francisco Beltrão, PR, Brasil.

com 97,5% das publicações escritas no idioma inglês, tendo como principal fonte o *International Symposium on Electronics and the Environment* e como principais temas a Engenharia e Ciências Ecológica e Ambiental. Dentre os 25 tópicos combinados com o tema pesquisado, 10 se destacaram como “hot topics”, entre esses os principais foram *Recycling, Materials, Environment* e *Management*.

**Palavras-chave:** lixo eletrônico, gestão ambiental, pesquisa bibliométrica.

on *Electronics and the Environment* as a primary source and having *Engineering and Ecological and Environmental Sciences* as the main themes. Among the 25 topics combined with the theme being investigated, 10 hot topics were highlighted, such as *Recycling, Materials, Environment and Management*.

**Key words:** electronic waste, environmental management, bibliometric research.

---

## Introdução

A preocupação com as ações e os consequentes impactos da atividade humana no meio ambiente pode ser considerada recente. As discussões sobre o tema aconteceram nas últimas décadas devido à gravidade da situação. O principal fator talvez seja o modelo de produção urbano industrial que tem provocado a poluição ambiental das águas, do solo e do ar.

A concentração de milhões de pessoas nos centros urbanos tem mostrado à população uma péssima perspectiva de atendimento às necessidades mais elementares, como alimentação, moradia, abastecimento de água, tratamento sanitário, serviços de coleta e destinação do lixo urbano, elementos essenciais para saúde humana.

Essa mesma sociedade gera um apelo muito intenso para que a população se mantenha sempre atualizada e adquira produtos novos. Tal fato leva o nome de consumismo, o qual proporciona ciclos de substituição de equipamentos cada vez mais acelerados e uma relação direta com o aumento da produção do lixo eletrônico (Rocha *et al.*, 2010).

O principal fator que pode motivar a desatualização desses equipamentos e a sua transformação em lixo eletrônico é que, em geral, a aquisição de um aparelho novo é monetária e tecnologicamente mais vantajosa que o reparo de um usado. As pessoas perdem o hábito de usar algo até que ele esteja completamente desgastado, e, ao primeiro sinal de defeito, são substituídos por um novo produto.

Os impactos socioambientais associados ao rápido crescimento desses resíduos, a consequente incapacidade de metabolização dos mesmos, têm sido mundialmente reconhecidos como um risco emergente para o meio ambiente e a saúde pública devido aos crescentes volumes de sucatas geradas e as substâncias tóxicas presentes em sua composição.

A fim de ampliar o conhecimento referente à produção científica relacionada à temática do lixo eletrônico, este estudo teve como objetivo analisar as características das publicações sobre *Electronic Waste* (Lixo Eletrônico) na base de dados *Web of Science*, no período de 2002 a 2011 (10 anos) e identificar quais tópicos relacionados à gestão ambiental estão sendo estudados e quais são mais relevantes (*hot topics*).

Este estudo está estruturado da seguinte maneira: inicialmente, será apresentada uma contextualização sobre os impactos ambientais causados pelo lixo eletrônico. Em seguida, evidencia-se o método utilizado para o desenvolvimento do presente estudo, após, apresenta-se a análise e a discussão dos resultados encontrados e, por fim, as considerações finais.

## *Impactos ambientais e impasses para a sustentabilidade*

O desenvolvimento tecnológico presenciado nas últimas três décadas tem proporcionado incontestáveis benefícios à sociedade, mas também resultou em efeitos indesejáveis, pois constantemente transforma produtos duráveis, recém lançados, em obsoletos, gerando, de forma precoce, grandes volumes de resíduos, resultado entre outros da velocidade da inovação tecnológica largamente utilizada como estratégia competitiva do setor produtivo industrial.

Segundo Torres (2008):

*O maior perigo do avanço da tecnologia é seu considerável impacto ambiental. Principalmente a indústria de computadores e seus periféricos eletrônicos que constituem um dos setores industriais que proporcionalmente ao peso dos seus produtos, mais consomem recursos naturais, tanto na forma de matéria-prima, como em termos de água e energia.*

Os impactos ambientais gerados a partir da comercialização desses equipamentos têm sido por muito tempo negligenciado, sendo de difícil gestão e controle, pois, a partir da transferência de posse para o consumidor final, a responsabilidade pelo produto torna-se difusa na cadeia produtiva. Isso é preocupante, pois, como já mencionado, a inovação tecnológica, a diversidade de produtos, a massificação do consumo e a tendência à miniaturização são fatores de produção exponencial de resíduos.

A geração desses resíduos na fase pós-consumo não é menos grave que a poluição gerada no processo produtivo de industrialização. Ao menos sobre esta etapa existem regulamentações ambientais, baseadas no controle das emissões industriais, enquanto que, na geração difusa de resíduos pós-consumo, não há gestão e nem controle necessário, uma vez que esses equipamentos acabam sendo inseridos em parte dos resíduos domiciliares (Rodrigues, 2007).

De modo geral, a sociedade, como um todo, acaba sendo responsável pela destinação dos resíduos produzidos por qualquer bem durável utilizado e descartado, que são agregados à massa de lixo domiciliares. A coleta e a destinação dos resíduos urbanos são de responsabilidade dos governos locais, sendo custeadas pela própria população, na forma de taxas igualmente, independente de quem obtenha lucros com a veloz dinâmica da descartabilidade induzida pelos bens de consumo duráveis.

No Brasil, cerca de 500 mil toneladas de lixo eletrônico são descartadas por ano em locais inadequados e alguns materiais tóxicos que compõem esse tipo de resíduo contaminam o meio ambiente. A situação pode piorar com os sucessivos recordes de consumo. De acordo com artigo publicado no jornal *O Estado de São Paulo* (Rodrigues, 2008), a vida útil de um computador não passa de cinco anos, enquanto um celular não chega a durar dois anos. Em levantamento da Universidade das Nações Unidas, o mundo produz 14 milhões de toneladas de resíduos eletrônicos anualmente.

Esses resíduos, ao serem destinados para os grandes lixões a céu aberto, podem causar danos à saúde, tanto animal quanto humana. Conforme ressalta Moreira (2007), as contaminações causadas por estes resíduos podem ser por contato direto, como no caso da manipulação de placas eletrônicas e seus componentes, como pode também ocorrer de forma acidental, como é o caso dos aparelhos que vão

para o aterro sanitário, existindo assim, uma grande possibilidade de que os componentes tóxicos contaminem o solo chegando aos lençóis freáticos e, conseqüentemente, afetando a água, que tem seus diversos fins, como a irrigação do próprio solo, dos alimentos, e o próprio consumo humano.

De acordo com Rodrigues (2007), a abordagem tradicional das políticas ambientais para a proteção do meio ambiente tem se voltado para a remediação da poluição dos processos produtivos ou na gestão dos resíduos. Contudo, essas estratégias apenas constituem mecanismos para minimização dos impactos ambientais de natureza local ou regional, não considerando a concepção e as fases de uso e pós-consumo dos produtos. Dessa forma, as etapas de utilização, manutenção, reutilização e disposição definitiva ou reciclagem no final da vida útil dos produtos tem estado quase que totalmente desvinculadas das indústrias.

Na última década, tem se observado uma evolução gradativa da conscientização e das intervenções nos problemas ambientais, seguindo um percurso que vai do tratamento da poluição, passando pela interferência nos processos produtivos que geram a poluição – tecnologias limpas – chegando ao redesenho dos produtos – *ecodesign* – e a orientação da demanda que motiva a produção desses produtos com incentivo ao consumo ambientalmente responsável.

### ***Lixo eletrônico e sua composição***

De forma geral, os equipamentos eletrônicos são compostos por vários módulos básicos que geralmente constituem-se de placas e circuitos impressos, cabos, plásticos antichama, comutadores e disjuntores de mercúrio, equipamentos de visualização, como telas de CRT (*Cathodic Ray Tube*) e de LCD (*Liquid Cristal Display*), pilhas, baterias, meios de armazenamento de dados, dispositivos luminosos, condensadores, resistências, relés, sensores e conectores. As substâncias presentes nos resíduos eletrônicos consideradas mais problemáticas do ponto de vista ambiental e da saúde humana são os metais pesados, os gases de efeito estufa, como os CFCs (clorofluorcarbonetos), as substâncias halogenadas, bifenilas policloradas, bromatos e ainda o arsênio (Nordic Council of Minister *in* Rodrigues, 2007).

Conforme Widmer *et al.* (2005 *in* Ongondo e Cherrett, 2011), a gama variada de materiais encontrados nos resíduos de equipamentos

elétrico-eletrônicos – REEE dificulta uma estimativa generalizada de componentes nesses resíduos. No entanto, a maioria dos estudos examinam cinco categorias de materiais: metais ferrosos, metais não ferrosos, vidros, plásticos e outros materiais, demonstrados na Figura 1.

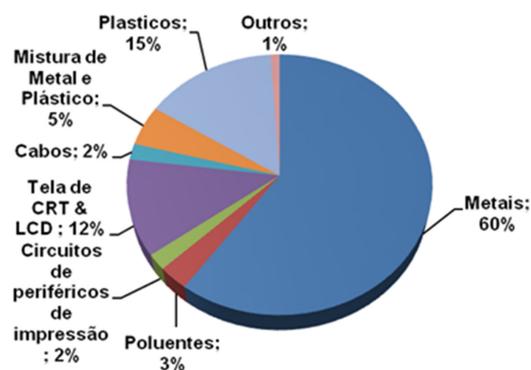
Observa-se, na Figura 1, a grande participação na composição dos REEEs de metais (ferrosos e não ferrosos), além do plástico, seguido pelas telas de CRT e LCD. Esses materiais também podem se apresentar através de misturas entre metais e plásticos, o que eleva o tempo de decomposição na natureza, além de serem altamente tóxicos se incinerados ao ar livre. Por essa variação de componentes, tornam-se um dos mais maléficis resíduos sólidos a serem gerenciados pela sociedade e pelo poder público.

## Método

### Tipo de estudo

O presente estudo foi desenvolvido a partir de uma pesquisa bibliométrica, objetivando ampliar o conhecimento referente às publicações relacionadas a *Electronic Waste* (Lixo Eletrônico) na base de dados *Web of Science* no período de 2002 a 2011 e identificar quais tópicos relacionados à temática estão sendo estudados e quais são mais relevantes (*hot topics*).

Segundo Silva (2004), a bibliometria possui como objetivo analisar a atividade científica ou técnica através do estudo quantitativo das publicações. Complementando essa ideia,



**Figura 1.** Composição geral dos resíduos de equipamentos elétrico-eletrônicos (REEE).

**Figure 1.** General composition electrical and electronic equipment waste (WEEE).

Fonte: Widmer *et al.* (2005 in Ongondo e Cherrett, 2011, p. 716).

Rostaing (1997) aponta que o estudo bibliométrico consiste na aplicação de métodos estatísticos ou matemáticos sobre o conjunto de referências bibliográficas. Para Macedo *et al.* (2007), a bibliometria ajuda a conhecer o estágio em que uma pesquisa em determinada área se encontra.

O estudo possui abordagem quantitativa tendo em vista que procurou quantificar algumas variáveis referentes à produção científica sobre *Electronic Waste* (Lixo Eletrônico).

### Definição da amostra

Os dados para realização desta pesquisa foram coletados através da base *Web of Science* do *Institute for Scientific Information* (ISI). Segundo Franceschet (2010), o ISI foi fundado por Eugene Garfield em 1960 e adquirido pela Thomson (hoje Thompson-Reuters) em 1992 e consiste em uma das maiores companhias do mundo da informação.

A *Web of Science* consiste em uma base multidisciplinar que indexa somente os periódicos mais citados em suas respectivas áreas. É também um índice de citações na *web*, onde, além de identificar as citações recebidas, referências utilizadas e registros relacionados, pode-se analisar a produção científica com cálculo de índices bibliométricos e o percentual de auto-citações, assim como a criação de *rankings* por inúmeros parâmetros. Possui atualmente mais de 12.000 periódicos indexados (Capes, 2012).

As referências de todos os itens indexados são extraídas e a interface das referências citadas demonstram todas as citações de trabalhos às obras de um autor, independentemente dos itens citados serem indexados pela *Web of Science* ou não (Bar-Ilan, 2008).

Para tanto, a partir do mecanismo de busca da *Web of Science*, utilizando como palavra-chave *Electronic Waste* (Lixo Eletrônico), delimitando a busca para o período de 2002 a 2011 (10 anos), foram buscadas as publicações para análise.

### Modelo conceitual

Para proceder à análise bibliométrica, o estudo buscou identificar as variáveis dispostas no Quadro 1.

O *h-index* (índice-*h*) foi proposto por Hirsch (2005) em sua pesquisa denominada "*An index to quantify an individual's scientific research output*" como forma de caracterizar a produção científica de um pesquisador. Hirsch (2005) parte do princípio de que a quantificação do

**Quadro 1.** Modelo conceitual para análise bibliométrica.

**Chart 1.** Conceptual model for bibliometric analysis.

Características gerais das publicações	Número de citações de cada publicação
• Total de publicações	• Índice h-b
• Áreas temáticas	• Índice m
• Tipos de documentos	
• Ano das publicações	
• Autores	
• Título das fontes	
• Instituições	
• Agências financiadoras	
• Países	
• Idiomas	

impacto e a relevância da produção científica individual são muitas vezes necessárias para a avaliação de pesquisadores e comparação de propósitos.

Posteriormente, Banks (2006) propôs o índice *h-b*, uma extensão do *h-index*, que é obtido através do número de citações de um tópico ou de uma combinação em determinado período, listados em ordem decrescente de citações. O índice *h-b* é encontrado em publicações que tenham obtido um número de citações igual ou maior à sua posição no ranking. Banks (2006) também explica o cálculo do índice “m”, o qual é obtido através da divisão do índice *h-b* pelo período de anos que se deseja obter informações (n). Para a análise dos índices *h-b* e *m*, foram utilizadas as definições de Banks (2006) evidenciadas no Quadro 2.

A partir das definições de Banks (2006) neste estudo, serão considerados *hot topics* as combinações com índice  $m \geq 2$ .

### ***Etapas para a coleta dos dados***

A realização da pesquisa dividiu-se em quatro etapas. Inicialmente, digitaram-se as palavras “*electronic waste*” como tópico no campo de pesquisa da *Web of Science*, delimitando-se o período de 2002 a 2011 (10 anos). Dessa forma, foram levantadas as informações: número total de publicações, áreas temáticas, tipo de documentos, ano das publicações, autores, tí-

tulo das fontes, instituições, agências financiadoras, países e idiomas.

Na segunda etapa, foram identificados os tópicos a serem combinados com o tópico *electronic waste*. A partir de uma breve análise das publicações encontradas na primeira etapa, foram enumerados 20 tópicos a serem combinados com o termo *electronic waste*. Para a seleção dos tópicos utilizou-se como principal critério a relação com temas que possuem uma relação com o termo pesquisado.

Na terceira etapa, ocorreu a segunda busca ao sistema, combinando cada um dos tópicos relacionados com o termo *electronic waste* no período de dez anos (2001 a 2012). Em seguida, na quarta etapa, realizou-se a classificação das publicações e foram identificados os “*hot topics*” através do cálculo do índice *h-b* e *m*. De acordo com as etapas propostas, foi realizada a análise bibliométrica do referido estudo, apresentada a seguir.

### ***Análise e discussão dos resultados***

Os resultados da pesquisa evidenciam as principais características da produção científica relacionada ao termo *electronic waste*. Primeiramente, pesquisou-se o termo na busca do *Web of Science* no critério tópico e no período de tempo de 2002 a 2011 sendo encontradas 1.644 publicações. Inicialmente, serão apresentadas as características gerais das publicações e, por fim, os *hot topics* relacionados ao tema.

**Quadro 2.** Definições para classificação de *hot topics*.

**Chart 2.** Definitions for *hot topic* classification.

Índice m	Tópico/combinção
$0 < m \leq 0,5$	Pode ser de interesse para pesquisadores em um campo específico de pesquisa, o qual engloba uma comunidade pequena;
$0,5 < m \leq 2$	Provavelmente pode se tornar um “ <i>hot topic</i> ” como área de pesquisa, no qual a comunidade é muito grande ou o tópico/a combinação apresenta características muito interessantes;
$m \geq 2$	É considerado um “ <i>hot topic</i> ”, tópico exclusivo com alcance não apenas na sua própria área de pesquisa e é provável que tenha efeitos de aplicação ou características únicas.

Fonte: Banks (2006).

### **Características gerais das publicações sobre *Electronic Waste* no *Web of Science***

A seguir serão apresentadas as características gerais das publicações relacionadas ao tema de acordo com as seguintes categorias: áreas temáticas, tipo de documentos, ano das publicações, autores, título das fontes, instituições, agências financiadoras, países e idiomas.

### **Áreas temáticas das publicações**

O Quadro 3 apresenta as vinte e cinco principais áreas temáticas relacionadas ao tema de acordo com o número de publicações.

Em relação às áreas do conhecimento que abrangem a temática do lixo eletrônico, evidenciou-se que Engenharia (*Engineering*), Ciência Ambiental e Ecologia (*Environmental Sciences and Ecology*), Química (*Chemistry*), Ciência de Materiais (*Materials Science*) e Ciência da Computação (*Computer Science*) são aquelas que obtiveram um maior número de publicações. O fato de a área de Ciência Ambiental e Ecologia ocupar a segunda posição no *ranking* de publicações apresentado evidencia que a preocupação com o meio ambiente consiste em uma abordagem emergente nos estudos relacionados à produção dos resíduos eletrônicos.

### **Tipos de documentos**

O Quadro 4 apresenta os tipos de documentos referentes às publicações encontradas.

A maioria das publicações encontradas é de artigos e *papers* em anais, evidenciando seu caráter científico.

### **Publicações por ano**

No período compreendido entre 2002 e 2011, constatou-se que o número de publicações aumentou gradativamente. A Figura 2 apresenta a quantidade de artigos publicados por ano relacionados ao tema *electronic waste*.

Comparando o número de publicações do ano 2002 com o de 2011, evidencia-se que a quantidade de publicações relacionadas ao tema multiplicou-se em 4,74 vezes no período, demonstrando a emergência dos estudos relacionados à temática do lixo eletrônico, tendo em vista que a busca por soluções que minimizem os impactos ambientais proporcionadas pela produção desse tipo de resíduo poderá causar para a humanidade nas próximas gerações.

### **Principais autores**

No que tange aos autores que mais publicaram sobre a temática *electronic waste*, desconsiderando as publicações não assinadas, foram listados os 25 autores que mais publicaram sobre o tema, conforme Quadro 5.

Observou-se uma multiplicidade e uma diversidade quanto à autoria dos trabalhos, já que uma pequena parcela desses autores publicou um número elevado de artigos sobre a temática. O autor que lidera com 20 publicações relacionadas ao tema pesquisado é WONG, Ming Hung, professor honorário e diretor do Instituto de Ciências Ambientais do Departamento de Biologia, da *Hong Kong Baptist University*. Outro autor que se destaca com 18 publicações é CHEN, She-Jun do Laboratório de Geoquímica Orgânica do *Institu-*

**Quadro 3.** Áreas temáticas no estudo sobre *electronic waste*.  
**Chart 3.** Thematic areas in the study about electronic waste.

Áreas temáticas	Nº publicações
Engenharia ( <i>Engineering</i> )	772
Ciência Ecológica e Ambiental ( <i>Environmental Sciences Ecology</i> )	537
Química ( <i>Chemistry</i> )	197
Ciência de Materiais ( <i>Materials Science</i> )	148
Ciência da Computação ( <i>Computer Science</i> )	113
Física ( <i>Physics</i> )	91
Engenharia Metalúrgica ( <i>Metallurgy Engineering</i> )	75
Energia e Combustíveis ( <i>Energy Fuels</i> )	72
Instrumentação ( <i>Instrumentation</i> )	44
Tecnologia Nuclear ( <i>Nuclear Science Technology</i> )	43
Economia ( <i>Business Economics</i> )	42
Pesquisa Operacional ( <i>Operations Research</i> )	42
Ciência de Polímeros ( <i>Polymer Science</i> )	36
Mineração ( <i>Mining Processing</i> )	32
Controle de Sistemas de Automação ( <i>Automation Control Systems</i> )	30
Eletroquímica ( <i>Electrochemistry</i> )	30
Toxicologia ( <i>Toxicology</i> )	28
Mineralogia ( <i>Mineralogy</i> )	26
Ótica ( <i>Optics</i> )	26
Saúde pública do trabalho ( <i>Public Environmental Occupational Health</i> )	26
Ciência, Tecnologia e outros temas ( <i>Science, Technology and other topics</i> )	26
Agricultura ( <i>Agriculture</i> )	23
Recursos Hídricos ( <i>Water Resources</i> )	23
Espectroscopia ( <i>Spectroscopy</i> )	22
Biotecnologia aplicada à microbiologia ( <i>Biotechnology applied to microbiology</i> )	19

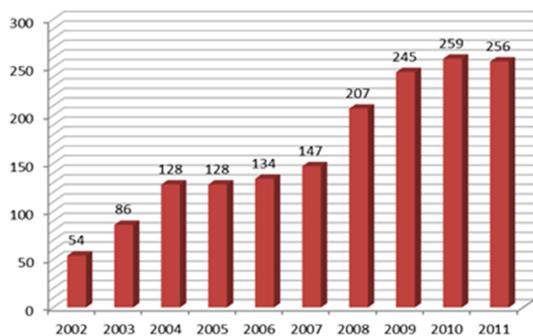
Fonte: *Web of Science* (2012).

**Quadro 4.** Classificação das publicações quanto ao tipo.  
**Chart 4.** Classification of publications regarding the type.

Típos de publicação	Frequência	Percentual
Artigos	1066	64.84
<i>Papers em Anais</i>	589	35.82
Resenhas	78	4.745
Material editorial	11	0.669
Notícias	7	0.426
Resumo de reunião	4	0.243
Totais	1755*	100%

Nota: (\*) As publicações foram classificadas em mais de um tipo, desse modo o total é superior ao número total de publicações.

Fonte: *Web of Science* (2012).



**Figura 2.** Publicações por ano.

**Figure 2.** Publications by year.

Fonte: *Web of Science* (2012).

**Quadro 5.** Quantidade de artigos publicados por autor.

**Chart 5.** Number of articles published by author.

Autor	Artigos publicados
Wong, M. H.	20
Chen, S. J.	18
Fu, J. M.	17
Mai, B. X.	16
Ewing, R. C.	15
Huo, X.	15
Li, J. H.	14
Luo, X. J.	14
Sheng, G. Y.	14
Thome, L.	14
Li, Y.	13
Xu, X. J.	13
Garrido, F.	12
Lee, J. C.	12
Ogunseitan, O. A.	12
Xu, Z. M.	12
Shapiro, A. A.	11
Duan, H. B.	10
Herrmann, C.	10
Ivanus, R. C.	10
Nnorom, I. C.	10
Osibanjo, O.	10
Anonymous	9
Hao, J.	9
Jiang, G. B.	9

Fonte: *Web of Science* (2012).

**Quadro 6.** Principais fontes.

**Chart 6.** Main sources.

Título da fonte	Nº artigos
IEEE International Symposium on Electronics and the Environment	62
Waste Management	58
Journal of Hazardous Materials	53
Environmental Science Technology	47
Resources Conservation and Recycling	37
Electronics Goes Green 2004 plus driving forces for future electronics proceedings	31
Waste Management Research	28
Chemosphere	27
Science of the total Environment	22
Journal of Industrial Ecology	15
Metalurgia International	15
Environment International	14
IEEE International Symposium on Electronics and the Environment Conference Record	14
Environmental Impact Assessment Review	13
Nuclear Instruments Methods in Physics Research Section B	13
Journal of Cleaner Production	12
Journal of Nuclear Materials	12
Physical Review B	11
2004 IEEE International Symposium on Electronics and the Environment Conference Record	11
2008 IEEE International Symposium on Electronics and the Environment	10
2005 IEEE International Symposium on Electronics and the Environment Conference Record	9
AIP Conference Proceedings	9
EPD Congress	9
International Journal of Advanced Manufacturing Technology	9
Journal of Analytical and Applied Pyrolysis	9

Fonte: *Web of Science* (2012).

*te of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, na China.*

### ***Títulos das fontes***

O Quadro 6 apresenta as principais fontes de publicações relacionadas a *electronic waste*.

A maioria das publicações referente ao tema foi publicada nos periódicos: *International Symposium on Electronics and the Environment, Waste Management, Journal of Hazardous Materials, Environmental Science Technology e Resources Conservation and Recycling*. Entre os cinco primeiros periódicos em destaque, estão periódicos relacionados a áreas e estudos de gestão ambiental e de materiais perigosos, o que, mais uma vez, denota a relevância deste tema associado às preocupações inerentes à poluição causada por esse tipo de resíduo no meio ambiente e para a vida do planeta.

### ***Principais Instituições***

As instituições que mais publicaram trabalhos relacionados ao tema *electronic waste* estão em destaque no Quadro 7.

As instituições que mais se destacaram no que refere às publicações relacionadas a *electronic waste* foram: *Chinese Academy of Sciences*, com sede em Pequim, China, *Hong Kong Baptist University*, localizada em Hong Kong, *Shanghai Jiao Tong University e Tsinghua University*, localizadas na China, e *University of Michigan* nos Estados Unidos da América. A Universidade de São Paulo (USP) aparece na 24ª posição com a publicação de 10 artigos sobre o tema.

### ***Principais agências financiadoras, países e idiomas***

Em relação às agências financiadoras de trabalhos que englobam o tema em pesquisa, enumeraram-se aquelas com maior número de publicações: *National Natural Science Foundation of China* (58), *National Basic Research Program of China* (27), *National Science Foundation of China* (19) e *Chinese Academy of Sciences* (17).

O Quadro 8 apresenta os principais países que possuem publicações relacionadas ao tema pesquisado.

Quanto ao número de publicações por países, a China lidera o *ranking* de publicações, seguido dos Estados Unidos, da Alemanha, da Inglaterra e do Japão. Dessa forma, pode-se inferir que, nesses países, se encontra a maior

**Quadro 7.** Principais instituições.

**Chart 7.** Main institutions.

<b>Instituição</b>	<b>Nº artigos</b>
Chinese Academy of Sciences	95
Hong Kong Baptist University	25
Shanghai Jiao Tong University	22
Tsinghua University	19
University of Michigan	19
Shantou University	18
Zhejiang University	16
Aristotle University Thessaloniki	15
City University Hong Kong	13
EMPA - Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology	13
University California Irvine	13
University Paris	13
Delft University Technology	12
University Craiova	12
University Ibadan	12
CSIC-Consejo Superior de Investigaciones Científicas	11
Tech University Berlin	11
CEA Saclay	10
NATL Institute Environmental Studies	10
Natl Taiwan University	10
Shanghai University	10
University California Davis	10
University Leeds	10
University São Paulo	10
Institute Electronic Materials Technology	9

Fonte: *Web of Science* (2012).

**Quadro 8.** Principais países.**Chart 8.** Main countries.

Países	Nº publicações
China	348
Estados Unidos da América	313
Alemanha	123
Inglaterra	91
Japão	67
Espanha	67
França	65
Itália	59
Taiwan	53
Índia	50
Suíça	43
Romênia	41
Brasil	35
Coréia do Sul	33
Grécia	32
Suécia	32
Austrália	31
Canadá	29
Holanda	28
Polônia	25
Áustria	20
Bélgica	20
México	20
Turquia	19
Finlândia	14

Fonte: *Web of Science* (2012).

parte das instituições que possuem pesquisas relacionadas à temática do lixo eletrônico. Destaca-se que o Brasil ocupa a 13ª posição no ranking das publicações relacionadas ao tema pesquisado, o que representa um aspecto positivo, dada a representatividade da problemática inerente à poluição causada pelos resíduos eletrônicos.

Corroborando os países que mais publicaram sobre a temática (China, Estados Unidos,

Inglaterra e Alemanha), o idioma inglês se sobressai com 1.603 publicações, totalizando 97,5% do total. Em seguida, evidencia-se o chinês, com 11 publicações, e o português, com 7 estudos publicados.

### Lixo eletrônico e os “Hot Topics”

Nesta etapa da pesquisa, foram investigadas as publicações sobre lixo eletrônico e os principais tópicos relacionados a essa temática que estão sendo estudados no contexto da gestão ambiental. Com base em uma análise prévia das publicações encontradas na *Web of Science*, foram selecionados 25 tópicos relacionados à gestão do lixo eletrônico.

O Quadro 9 classifica os 25 tópicos relacionados à temática, selecionados conforme o número de publicações.

Posteriormente, foi realizada a combinação de cada tópico listado no Quadro 9 com o termo *electronic waste*, sendo calculado o total de publicações para cada combinação (tópico relacionado *versus electronic waste*), o *h-index* e o coeficiente *m*, conforme demonstrado no Quadro 10.

A partir do cálculo dos índices “h” e “m”, é possível mensurar o desempenho dos tópicos pesquisados tendo por base o número de citações que estas tiveram (Kelly e Jennions, 2006). Orientando-se pelas considerações de Banks (2006), pode-se classificar como “hot topics” ou tópicos quentes as combinações do tópico *electronic waste* com os 10 primeiros tópicos classificados no Quadro 10, com destaque para: Reciclagem (*Recycling*), Materiais (*Materials*), Meio Ambiente (*Environment*) e Gestão (*Management*).

Desse modo, percebe que esses tópicos relacionados à temática do lixo eletrônico são *hot topics*, isto é, um tópico exclusivo com alcance não apenas na sua própria área de pesquisa e que provavelmente tem efeitos de aplicação ou características únicas.

As demais combinações, por apresentarem  $0,5 < m \leq 2$ , podem ser consideradas como “hot topics” emergentes como áreas de pesquisa. Dos tópicos relacionados, 5 apresentaram  $m \leq 0,5$ , isso pode caracterizar temáticas de interesse para pesquisadores em um campo específico de pesquisa.

Nesse sentido, denota-se que a temática envolvendo o lixo eletrônico consiste em uma temática emergente, tendo inúmeros desafios no que se refere ao desenvolvimento de estudos sobre o tema, principalmente porque está

**Quadro 9.** Tópicos relacionados ao tema *electronic waste* no período de 2002-2011.

**Chart 9.** Topics related to the theme of electronic waste from 2002 to 2011.

Área temática	Nº de publicações
Desenvolvimento ( <i>Development</i> )	1.187.138
Desempenho ( <i>Performance</i> )	1.160.522
Energia ( <i>Energy</i> )	926.896
Materiais ( <i>Materials</i> )	881.322
Gestão ( <i>Management</i> )	678.442
Meio Ambiente ( <i>Environment</i> )	576.842
Estratégia ( <i>Strategy</i> )	567.288
Tecnologia ( <i>Technology</i> )	505.192
Social ( <i>Social</i> )	329.905
Informática ( <i>Computers</i> )	248.088
Engenharia ( <i>Engineering</i> )	233.182
Solo ( <i>Soil</i> )	221.170
Logística ( <i>Logistics</i> )	99.947
Economia ( <i>Economics</i> )	79.682
Inovação ( <i>Innovation</i> )	65.405
Ecologia ( <i>Ecology</i> )	59.992
Reciclagem ( <i>Recycling</i> )	40.562
Robótica ( <i>Robotics</i> )	33.607
Recursos Hídricos ( <i>Water Resources</i> )	30.668
Sustentabilidade ( <i>Sustainability</i> )	29.082
Partes Interessadas ( <i>Stakeholders</i> )	23.119
Legislação ( <i>Legislation</i> )	19.838
Nanotecnologia ( <i>Nanotechnology</i> )	15.064
Mineralogia ( <i>Mineralogy</i> )	8.334
Indústria Eletrônica ( <i>Electronic Industry</i> )	5.309

Fonte: *Web of Science* (2012).

**Quadro 10.** *Hot topics* no estudo sobre o tema pesquisado.

**Chart 10.** Hot topics in the study on the researched theme.

Tópicos	Total de publicações	Índice h-b	Índice m
Reciclagem ( <i>Recycling</i> )	657	38	3,800
Materiais ( <i>Materials</i> )	572	34	3,400
Meio Ambiente ( <i>Environment</i> )	303	32	3,200
Gestão ( <i>Management</i> )	344	25	2,500
Desenvolvimento ( <i>Development</i> )	238	22	2,200
Energia ( <i>Energy</i> )	282	22	2,200
Informática ( <i>Computers</i> )	155	22	2,200
Tecnologia ( <i>Technology</i> )	280	21	2,100
Solo ( <i>Soil</i> )	81	21	2,100
Indústria Eletrônica ( <i>Electronic Industry</i> )	214	20	2,000
Estratégia ( <i>Strategy</i> )	110	18	1,800
Desempenho ( <i>Performance</i> )	180	17	1,700
Legislação ( <i>Legislation</i> )	85	16	1,600
Economia ( <i>Economics</i> )	56	12	1,200
Logística ( <i>Logistics</i> )	75	9	0,900
Engenharia ( <i>Engineering</i> )	57	7	0,700
Sustentabilidade ( <i>Sustainability</i> )	46	7	0,700
Social ( <i>Social</i> )	31	6	0,600
Inovação ( <i>Innovation</i> )	31	6	0,600
Ecologia ( <i>Ecology</i> )	20	6	0,600
Recursos Hídricos ( <i>Water Resources</i> )	13	3	0,300
Partes Interessadas ( <i>Stakeholders</i> )	17	3	0,300
Nanotecnologia ( <i>Nanotechnology</i> )	8	3	0,300
Mineralogia ( <i>Mineralogy</i> )	3	2	0,200
Robótica ( <i>Robotics</i> )	4	1	0,100

Fonte: *Web of Science* (2012).

diretamente ligada com a gestão de recursos ambientais e dos inúmeros impactos sociais e ambientais que essa atividade produtiva impõe ao planeta.

### Considerações finais

A análise das publicações sobre *electronic waste* na base de dados *Web of Science*, evidenciou 1.644 publicações relacionadas ao tema, estando

relacionadas principalmente às áreas temáticas: Reciclagem (*Recycling*), Materiais (*Materials*), Meio Ambiente (*Environment*), Gestão (*Management*) e Desenvolvimento (*Development*).

Constatou-se que a maioria das publicações encontradas são artigos, sendo que, no período compreendido entre 2002 e 2011, a produção científica relacionada ao tema aumentou gradativamente ao longo dos dez anos analisados. A maioria das publicações referentes

ao tema foi publicada nos periódicos: *International Symposium on Electronics and the Environment*, *Waste Management*, *Journal of Hazardous Materials*, *Environmental Science Technology* e *Resources Conservation and Recycling*, que se destacam com o maior número de publicações.

Verificou-se ainda que a China lidera o ranking dos países que mais publicaram sobre a temática e o idioma inglês é o predominante nas publicações. Evidenciou-se como “hot topics”, ou tópicos quentes, as combinações do tópico *electronic waste*: Reciclagem (*Recycling*), Materiais (*Materials*), Meio Ambiente (*Environment*). Quinze dos 25 tópicos relacionados não foram considerados “hot topics”, o que demonstra que assuntos envolvendo a temática são emergentes, sendo objeto de pesquisas nos mais diversos campos do conhecimento na atualidade.

No decorrer do trabalho, foi possível verificar a utilidade de mecanismos de busca como o *Web of Science* para a realização de pesquisas acadêmicas, que servem de ferramenta para que a comunidade acadêmica tenha acesso às publicações bem como busque informações a respeito da evolução de seus temas de interesse.

Os resultados desta pesquisa evidenciam que o tema pesquisado é uma temática emergente, tendo em vista que foram identificados vários hot topics no estudo em questão. Como limitação do estudo, destaca-se a sua realização utilizando apenas uma base de dados específica. Por essa razão, sugere-se que estudos futuros desta natureza possuam uma amplitude maior, abrangendo, por exemplo, outros eventos acadêmicos nacionais e internacionais e também demais periódicos científicos ou outras importantes bases de dados científicos.

## Referências

- BANKS, M.G. 2006. An extension of the Hirsch index: indexing scientific topics and compounds. Disponível em: <http://www.arxiv.org/abs/physics/0604216>. Acesso em: 07/2010.
- BAR-ILAN, J. 2008. Which h-index? A comparison of WoS, Scopus and Google Scholar. *Scientometrics*, **74**(2):257-271. <http://dx.doi.org/10.1007/s11192-008-0216-y>
- COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR (capes). 2012. *Acervo*. Disponível em: <http://www.capes.gov.br/36-noticias/4484-web-of-science-lanca-nova-versao-de-base-de-dados>. Acesso em: 12/2012.
- FRANCESCHET, M. 2010. A comparison of bibliometric indicators for computer science scholars and journals on Web of Science and Google Scholar. *Scientometrics*, **83**(1): 243-258. <http://dx.doi.org/10.1007/s11192-009-0021-2>
- HIRSCH, J.E. 2005. An index to quantify an individual's scientific research output. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **102**(46):16569-16572. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0507655102>
- KELLY, C.D.; JENNIONS, M.D. 2006. The h index and career assessment by numbers. *Trends in Ecology and Evolution*, **21**(4):167-170. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tree.2006.01.005>
- MACEDO, M.A.S.; CASA NOVA, S.P.; ALMEIDA, K. 2007. Mapeamento e análise bibliométrica da utilização da análise envoltória de dados (DEA) em estudos das áreas de contabilidade e administração. In: ENANPAD, XXXI, Rio de Janeiro, 2007. *Anais...* Rio de Janeiro, p. 1-16.
- MOREIRA, D. 2007. Quais as soluções possíveis para o problema do lixo eletrônico. Disponível em: <http://idgnow.uol.com.br/ti-pessoal/2007/04/26/idgnoticia.2007-04-25.5839190013/#&panel2-1>. Acesso em: 01/05/2012.
- ONGONDO, F.O.; CHERRETT, T.J. 2011. How are WEEE doing? A global review of the management of electrical and electronic wastes. *Journal Waste Management*, v. 31 (4), p. 714-730. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2010.10.023>
- ROCHA, A.C.; CERETTA, G.C.; CARVALHO, A.P. 2010. Lixo eletrônico: um desafio para a gestão ambiental. *Revista Techno@eng*, I(2). Disponível em: [http://www.cescage.edu.br/site/pagina/arquivos/revista/innovare/artigos/19f6POLUICAO\\_POR\\_RESIDUOS\\_SOLIDOS\\_.pdf](http://www.cescage.edu.br/site/pagina/arquivos/revista/innovare/artigos/19f6POLUICAO_POR_RESIDUOS_SOLIDOS_.pdf). Acesso em: 26/05/2012.
- RODRIGUES, A. C. 2007. *Impactos socioambientais dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos: estudo da cadeia pós-consumo no Brasil*. Santa Bárbara do Oeste, SP. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo da UNIMEP, 303 p.
- RODRIGUES, A.C. 2008. Tecnologia vira “e-lixo” em 5 anos. *O Estado de São Paulo*. Disponível em: <http://www.estadao.com.br/noticias/impresso,tecnologia-vira-e-lixo-em-5-anos,289391,0.htm>. Acesso em: 07/2012.
- ROSTAIN, H. 1997. *La bibliométrie et ses techniques*. Toulouse/Marseille, Sciences de la Société/Centre de Recherche Rétrospective de Marseille, 131 p.
- SILVA, M.R. 2004. *Análise bibliométrica da produção científica docente do programa de pós-graduação em educação especial/UFSCar: 1998-2003*. São Carlos, SP. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos, 168 p.
- WEB OF KNOWLEDGE. 2012. Web of science. New York, Thomson Reuters. Disponível em: [www.webofknowledge.com](http://www.webofknowledge.com). Acesso em: 06/2012.
- TORRES, M.A. 2008. Lixo Eletrônico: o lado sujo da tecnologia. *ScienceNet*, Anexo XII, n.73. Disponível em: [www.sciencenet.com.br](http://www.sciencenet.com.br). Acesso em: 05/05/2012.

Submetido: 11/02/2013

Aceito: 20/03/2013