



III-012 - ANÁLISE CIENCIOMÉTRICA EM RESÍDUOS SÓLIDOS: TRATAMENTO E TENDÊNCIAS DOS ÚLTIMOS 20 ANOS

Bruno Ferezim Morales⁽¹⁾

Biólogo pela Universidade Estadual de Maringá (UEM/PR). Mestre em Ciências Biológicas com ênfase em Biologia de Água Doce e Pesca Interior pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (BADPI/INPA). Professor Assistente do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária da Fundação Centro de Análise, Pesquisa e Inovação Tecnológica (FUCAPI/AM).

Kassiane Souza Campelo

Engenheira Ambiental e Sanitária da Fundação Centro de Análise, Pesquisa e Inovação Tecnológica (FUCAPI/AM).

Endereço⁽¹⁾: Avenida Governador Danilo de Mattos Areosa, 381 - Distrito Industrial - CEP: 69075-351 – Manaus – Amazonas - Brasil - Tel: (92) 2127-3034 - e-mail: bruno.morales@fucapi.br

RESUMO

Um dos principais problemas enfrentados atualmente pelas administrações públicas e privadas é o adequado gerenciamento dos resíduos sólidos, bem como a diminuição do potencial poluidor das atividades exercidas. Em face ao cenário paradoxal definido pelos indicadores inovadores da Política Nacional de Resíduos Sólidos e as milhares de toneladas de resíduos sólidos ainda produzidos diariamente no Brasil, o tratamento eficiente dos resíduos sólidos configura-se como a possibilidade imediatamente mais plausível para mitigar e prevenir os impactos ambientais decorrentes da disposição inadequada do lixo e suas consequências para os ambientes. No entanto, a discrepância entre o número de técnicas de tratamento de resíduos sólidos usualmente empregadas (i.e. técnicas comuns) e as técnicas descritas, testadas, aperfeiçoadas a partir de métodos laboratoriais e publicadas em trabalhos científicos tem levado gestores, operadores de sistemas de gerenciamento de resíduos sólidos e o público em geral, devido a insuficiência do conhecimento científico, a conduzir de maneira ineficiente o processo de tratamento e aproveitamento dos recursos provenientes de resíduos sólidos gerados pelas atividades humanas nos grandes adensamentos populacionais. Nesse sentido, foi realizada uma análise das técnicas de tratamento de resíduos sólidos e a produção científica global associada ao tema nos últimos 20 anos, com o objetivo de diagnosticar a distribuição dos trabalhos sobre o tema, bem como a disseminação das técnicas existentes e as tendências atuais e fornecer subsídios aos órgãos de fomento científico para a elaboração de políticas futuras. Para isso, foi realizado um levantamento bibliográfico sobre o tema entre os anos 1993 e 2013. No total, foram inventariados 6551 trabalhos científicos dos quais foram registrados as informações: área de conhecimento, tipo de publicação, local e ano de publicação. O levantamento bibliográfico foi realizado por meio de pesquisa no banco de dados científico publicado no sítio do “Thomson ISI” (ISI Web of Knowledge, 2013) utilizando a palavra-chave “tratamento de resíduos sólidos”. Foram inventariadas 6.551 publicações, destas apenas 1.808 foram identificadas como diretamente associadas ao tema pretendido, sendo, portanto, analisadas à luz dos objetivos específicos propostos. Verificou-se, em relação as áreas do conhecimento abordadas nas publicações, que maior número permeou a área Manejo de Resíduos Sólidos, seguida de Meio Ambiente, Engenharia Ambiental, Segurança Ambiental e Química e Toxicologia Ambiental, o que demonstra uma forte tendência científica relacionada a adequação procedimental, mitigação/prevenção de impactos ambientais e manutenção/proteção dos recursos naturais em fluxo restritivo às tendências utilitaristas dos recursos naturais impostas pelo modelo de desenvolvimento vigente. Em relação aos tipos de publicação, 83,4% das publicações foram veiculadas em periódicos científicos, na forma de artigo científico, seguido por publicações em conferências (13,9%) e em livros (2,7%). Cronologicamente, verificou-se aumento no número de publicações, no período avaliado, com ápice no ano de 2012 com 194 publicações. Foi verificado no continente Europeu maior número de publicações, seguido pela Ásia, América, África e Oceania. As técnicas específicas de tratamento citadas em maior número nas publicações foram digestão anaeróbia, seguida por incineração, compostagem, tratamento térmico e reciclagem, corroborando a tendência global de tratamento de resíduos sólidos respaldado nas ações práticas de gerenciamento de resíduos sólidos.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de Resíduos Sólidos, Cienciometria, Política Nacional de Resíduos Sólidos.



INTRODUÇÃO

Um dos principais problemas enfrentados atualmente pelas administrações públicas e privadas é o adequado gerenciamento dos resíduos sólidos, bem como a diminuição do potencial poluidor das respectivas atividades exercidas. Em face ao cenário paradoxal definido pelos indicadores e diretrizes inovadoras da Política Nacional de Resíduos Sólidos - Lei N° 12.305 de 2010 (BRASIL 2010) e as milhares de toneladas de resíduos sólidos ainda produzidos diariamente no território brasileiro, o tratamento eficiente dos resíduos sólidos configura-se como a possibilidade imediatamente mais plausível para mitigar, cercear e prevenir os impactos ambientais decorrentes da disposição inadequada do lixo e suas consequências para os compartimentos ambientais. O reconhecimento da relação entre divulgação acadêmica e operacionalização do conhecimento adquirido através de pesquisas científicas, constitui uma ferramenta essencial ao correto enquadramento metodológico-operacional de técnicas, processos e políticas públicas em face à atividades antropogênicas intervenientes nos compartimentos ambientais, passíveis de gerar degradação dos recursos naturais.

No entanto, a discrepância entre o número de técnicas de tratamento de resíduos sólidos usualmente empregadas (i.e. técnicas comuns) e as técnicas descritas, testadas, aperfeiçoadas a partir de métodos laboratoriais e publicadas em trabalhos científicos tem levado gestores, operadores de sistemas de gerenciamento de resíduos sólidos e o público em geral, devido à insuficiência do conhecimento científico, a conduzir de maneira ineficiente o processo de tratamento e aproveitamento dos recursos provenientes de resíduos sólidos gerados pelas atividades humanas nos grandes adensamentos populacionais. Nesse contexto, a cienciometria, pode ser utilizada como uma ferramenta importante para aproximação do conhecimento científico flexionado nas mais variadas bases de dados e fontes bibliográficas às vias de materialização e utilização dos processos e técnicas de tratamento usualmente empregadas ou estudadas sob a ótica da ciência.

A cienciometria é definida como a pesquisa quantitativa da produção científica em escala espaço-temporal e permite, segundo Bittencourt e Paula (2012), compreender melhor a amplitude e a natureza das atividades de pesquisa desenvolvidas nas variadas áreas do conhecimento, de inúmeros países, instituições e pesquisadores. Uma análise ciencimétrica envolve, na sua metodologia, estudos quantitativos das atividades científicas, que inclui todos os tipos de publicações e, deste modo, se sobrepõe à bibliometria.

Nesse sentido, foi realizada uma análise ciencimétrica das técnicas de tratamento de resíduos sólidos tendo como referência a produção científica global associada ao tema nos últimos 20 anos, com o objetivo de diagnosticar a distribuição dos trabalhos sobre o tema, bem como a disseminação das técnicas existentes e as tendências atuais e fornecer subsídios aos órgãos de fomento científico para a elaboração de políticas futuras. Para tanto, foi realizado um levantamento bibliográfico sobre o tema entre os anos 1993 e 2013 tendo como objetivo inventariar as publicações sobre o tema tratamento de resíduos sólidos no período, buscando definir o número de trabalhos publicados divididos em grandes áreas do conhecimento, classificar os documentos quanto ao tipo (artigo, resumo, monografia, dissertação ou tese), identificar o número de trabalhos publicados por ano, investigar o número de trabalhos publicados por continente; e por países com enfoque na produção científica brasileira sobre o tema, identificar os tipos de tratamento de resíduos sólidos citados em publicações científicas e, por fim, identificar lacunas científicas em publicações sobre o tema tratamento de resíduos sólidos.

MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa caracteriza-se por uma pesquisa bibliográfica, dos artigos técnicos e científicos publicados nacional e internacionalmente e divulgados “online” sobre a temática “tratamento de resíduos sólidos”. O levantamento dos estudos foi realizado por meio de pesquisa no banco de dados publicado no sítio do “Thomson ISI” (ISI Web of Knowledge, 2013) utilizando a palavra-chave “tratamento de resíduos sólidos” e considerando o período de 1993 a 2013. Foi utilizado o “Thomson ISI” devido a sua abrangência quanto ao número de publicações e qualidade das revistas científicas indexadas. Nenhuma variação da palavra “tratamento de resíduos sólidos” foi utilizada para pesquisa nesse banco de dados. Portanto, foi utilizada somente a forma composta supracitada porque tanto o termo “tratamento” quanto “resíduos sólidos”, quando separados, podem indicar uma variedade enorme de trabalhos não relacionados com o tratamento de resíduos sólidos propriamente ditos e, portanto, podem não se enquadrar nos objetivos deste estudo.

Foram obtidas as seguintes informações de cada um dos trabalhos que apresentaram os critérios mencionados acima: (i) ano de publicação do artigo; (ii) periódico em que o artigo foi publicado; (iii) tipo de documento publicado (artigo, revisão, carta, notas, resumos em anais de eventos, material editorial, correções); (iv) nacionalidade do primeiro autor (local de trabalho), no caso de artigos com mais de um autor; (v) área geográfica de enfoque do estudo; (vi) contribuição por área do conhecimento e (vii) técnica de tratamento descritas.

Os resultados da prospecção na base de dados foram sistematizados e organizados no próprio mecanismo de busca. As publicações foram agrupadas em 131 listas, com 50 publicações cada. Cada uma das publicações foi analisada sob a ótica dos critérios pré-estabelecidos, em concordância com os objetivos específicos do trabalho, sendo portanto agrupadas por: áreas do conhecimento; classificação os documentos (artigo, resumo, monografia, dissertação ou tese); ano de publicação; localização geográfica (por continentes; por países, no Brasil e em cada região brasileira) e tipos de tratamento de resíduos sólidos citados nos estudos.

Os resultados obtidos nas análises posteriores à prospecção bibliográfica foram avaliados a partir de representações gráficas, medidas de tendência central e inferências percentuais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A prospecção bibliográfica que embasou o presente estudo resultou em um inventário de 6.551 publicações. Destas, apenas 1.808 (27,59%) apresentaram correspondência textual direta com o tema inserido no mecanismo de busca (i.e. “tratamento de resíduos sólidos”), sendo, portanto, analisadas como objeto deste estudo. Em todas as categorias analisadas, que representaram os objetivos específicos do trabalho, foram utilizadas todas as publicações previamente selecionadas (Tabela 01), exceto na categoria local de publicação, que foi analisada a partir de 436 trabalhos.

O número discrepante de trabalhos utilizados nesta categoria está relacionado à utilização de plataformas digitais e transnacionais para publicação de artigos e realização de eventos como conferências, palestras, workshops, dentre outros.

Tabela 01. Descrição das publicações inventariadas em número total, número de publicações analisadas, filtradas (em discordância textual com o tema) e analisadas por categoria, a partir do levantamento bibliográfico realizado na Plataforma Thomson-ISI dos trabalhos publicados entre os anos de 1993 e 2013.

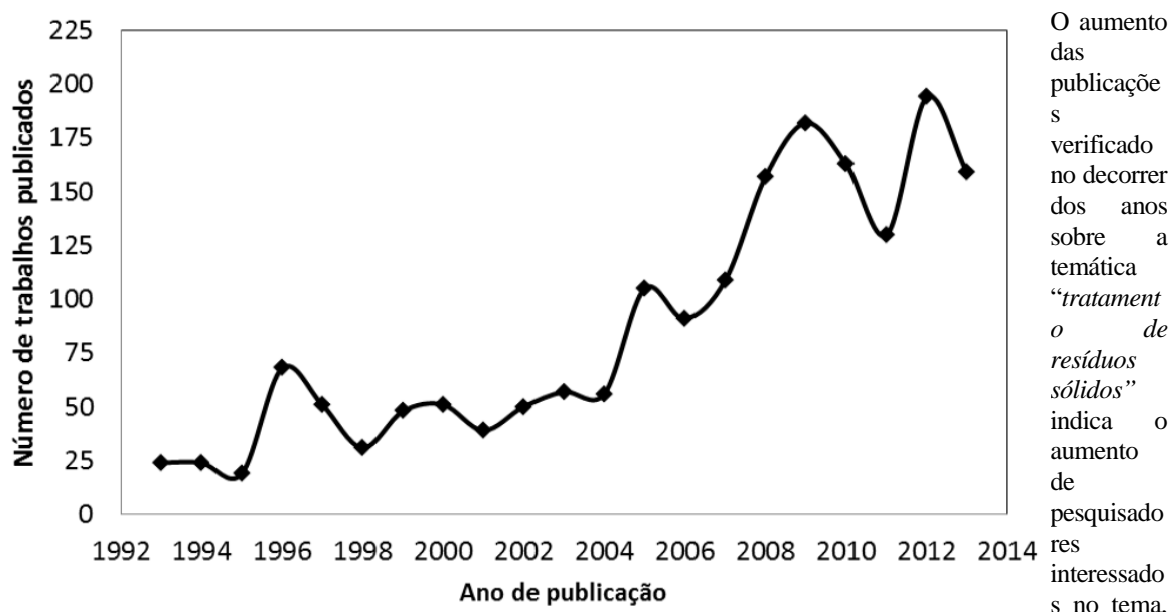
Descrição	Número de publicações
Publicações inventariadas	6.551
Publicações analisadas (correspondência direta com o tema “Tratamento de Resíduos Sólidos”)	1.808
Publicações filtradas (correspondência indireta com o tema “Tratamento de Resíduos Sólidos”)	4.743
Publicações analisadas por categoria: Área do conhecimento	1.808
Publicações analisadas por categoria: Tipo de publicação	1.808
Publicações analisadas por categoria: Ano de publicação	1.808
Publicações analisadas por categoria: Local de publicação	436*
Publicações analisadas por categoria: Tipo de tratamento	1.808

* Das 1.808 publicações selecionadas, apenas 436 apresentavam informações específicas sobre localidade física da publicação. As demais foram implantadas unicamente em plataformas digitais, o que descaracteriza a conotação espacial do local de origem da publicação. Os trabalhos com especificação de origem representaram 24,12% dos trabalhos publicados, o que confere a esta análise confiabilidade e representatividade estatística por representar uma amostra robusta do universo amostral (amostra $\geq 20\%$ do universo amostral).

A partir dos resultados obtidos verificou-se que a produção científica global anual indexada na principal base de dados científicos sobre o tema foi de aproximadamente 328 publicações, o que seria um número bastante plausível caso representasse diretamente o tema pretendido. No entanto, considerando-se o número real de trabalhos relacionados ao tema, essa relação decresce para cerca de 90 trabalhos ao ano. Tal contexto denota certo distanciamento científico em relação ao tema, tendo em vista os impactos ambientais já gerados pelos resíduos sólidos dispostos de maneira inadequada nos compartimentos ambientais e a necessidade de divulgação e

proposição de novas tecnologias tendo em vista a velocidade de produção e inovação das grandes corporações globais e a inserção destes produtos no mercado consumidor. A análise pormenorizada, em escala cronológica, das publicações sobre o tema nos últimos 20 anos evidenciou um aumento expressivo no número de publicações ao longo dos anos (Figura 1), tendo seu ápice ocorrido no ano de 2012 com 194 trabalhos publicados.

Figura 01. Número de trabalhos publicados ao longo dos últimos 20 anos, a partir do levantamento bibliográfico realizado na Plataforma Thomson-ISI dos trabalhos publicados entre os anos de 1993 e 2013.



bem como de seu desenvolvimento científico e tecnológico, considerando que o número de publicações é uma das medidas mais utilizadas para quantificar o progresso e a evolução da ciência. Tais resultados demonstram a crescente preocupação de todas as nações sobre a destinação adequada dos resíduos sólidos e a busca de novas tecnologias para o tratamento correto, visando reduzir os impactos ao meio ambiente. Quanto ao local de publicação, verificou-se que as publicações distribuíram-se em 48 países de cinco continentes. Nota-se que China, Estados Unidos, Japão, Grécia e Espanha, destacaram-se entre os cinco países com maior número de trabalhos publicados. A soma dos trabalhos publicados nos cinco países com maior destaque científico na área resultou em 252 trabalhos, representando mais da metade (57,79 %) das publicações que apresentavam registro de localidade. A China destacou-se como país com maior número de publicações, com 92 trabalhos, seguida pelos EUA, com 62 trabalhos; Japão, com 38; Grécia, com 33; e Espanha e Itália, com uma contribuição de 27 trabalhos cada. A expressiva presença de China, Estados Unidos, Japão, Grécia e Espanha, está atribuída ao alto investimento desses países em educação e ao alto investimento em pesquisas.

No entanto, tal cenário também demonstra uma centralização do conhecimento nas grandes potências globais, devido principalmente a dois fatores: i) presença de Instituições Governamentais e Centros de Pesquisa de grande porte voltados para desenvolvimento de tecnologia e inovação na área de resíduos sólidos e investimentos e políticas públicas governamentais pautadas no conhecimento científico como pilar da matriz educacional e agente de mudança social; o que notadamente evidencia a relação indissociável entre desenvolvimento econômico e científico. De acordo com Huggett (2013), dentre as regiões em desenvolvimento com maior destaque em publicação científica, está a Ásia, com a China liderando em amplo crescimento na área de divulgação científica e publicação, sendo responsável por 25,1% das publicações do mundo em desenvolvimento em 2002, patamar este que saltou para impressionantes 43,9% em 2011.

A distribuição espacial das publicações por continentes evidenciou um padrão histórico bastante nítido sobre pesquisas e publicação científica, com domínio do continente europeu, que apresentou maior número de países no

levantamento, bem como corroborou o posicionamento da Ásia como grande polo científico, em segundo lugar em número de publicações na prospecção científica realizada sobre o tema “tratamento de resíduos sólidos”.

O continente americano, juntamente com o europeu e asiático encerra a tríade dos principais polos desenvolvimentistas científicos na área de tratamento de resíduos sólidos, notadamente pela participação dos Estados Unidos da América com 78,13% das publicações sobre o tema no período avaliado. Tal situação remonta à presença de grandes corporações e centros de pesquisas no continente, com maior tempo de atuação e, portanto com objetivos claros e maiores potenciais de inserção científica que continentes que experimentaram evolução no sistema econômico e transição científica no período analisado. Em relação aos tipos de trabalhos publicados sobre o tema no período avaliado, a grande maioria (1.508 publicações - 83,40%), atingiu o público científico no formato de artigos publicados em periódicos científicos. Os demais foram publicados em conferências (13,88%) e 2,71% em livros (Figura 2).

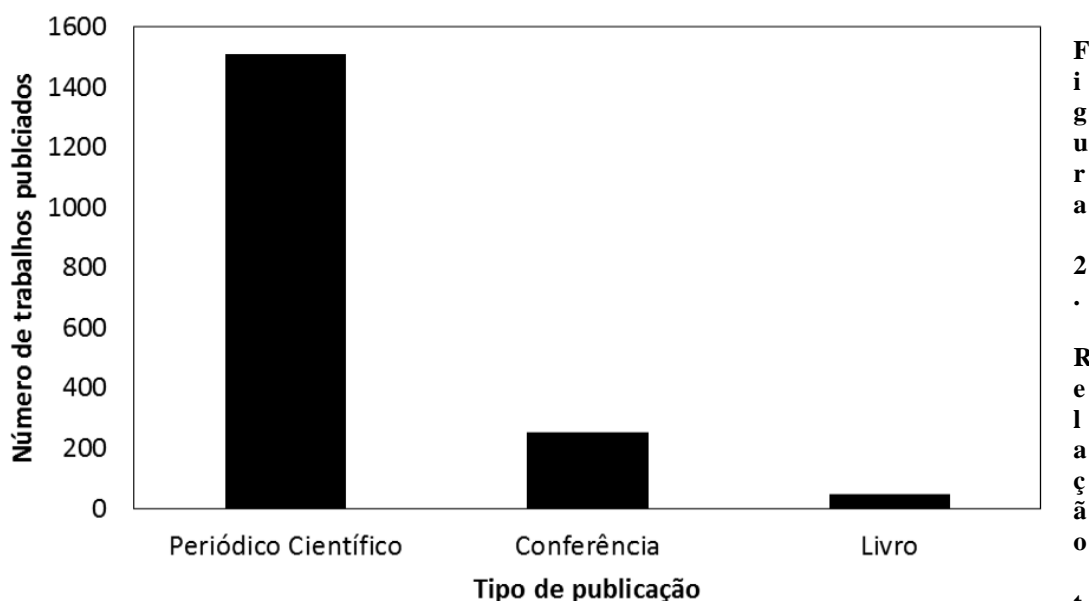
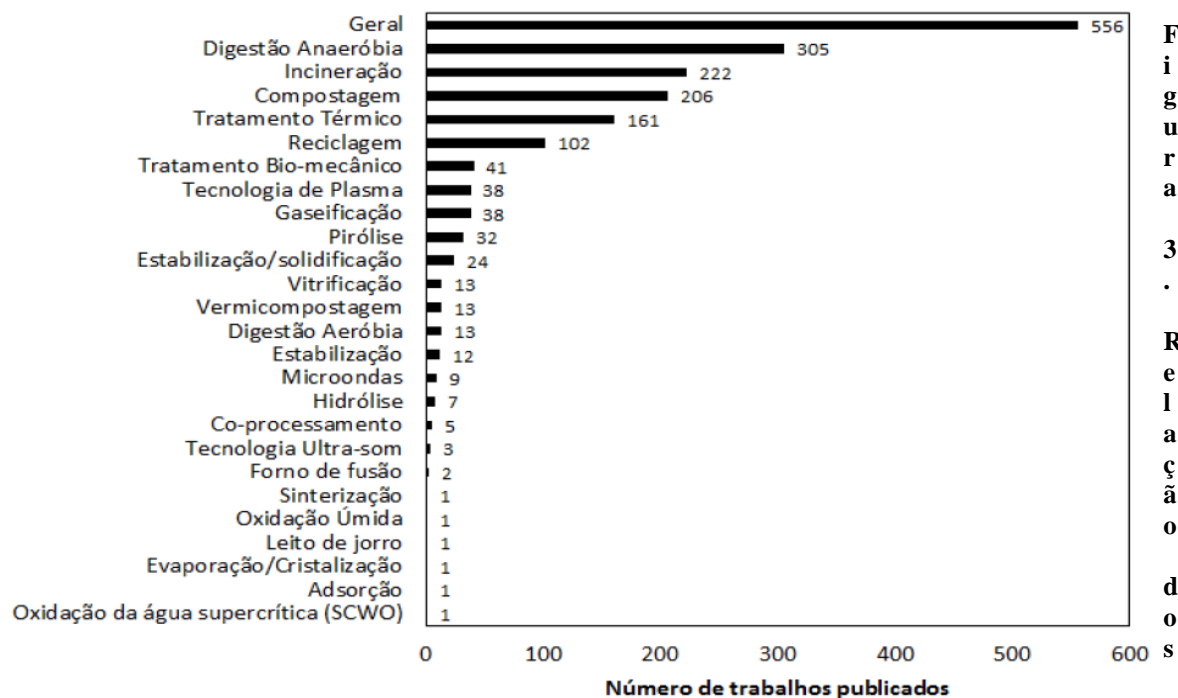


Figura 2. Relação do tipo de publicação, a partir do levantamento bibliográfico realizado na Plataforma Thomson-ISI dos trabalhos publicados entre os anos de 1993 e 2013.

Os periódicos científicos representam a principal métrica de divulgação científica na atualidade, notadamente pelo fato de possuir uma amplitude maior de leitores a partir de plataformas digitais e físicas e configurar-se, como citado por Fachim e Hillesherim (2006), apud Ferreira, (2010), “como o meio de divulgação do conhecimento que tem credibilidade e a divulgação menos demorada em comparação a um livro” dinamizando o processo de construção e divulgação do conhecimento. Portanto, segundo os autores supracitados, “observa-se a grande procura dos cientistas em divulgar o resultado através de periódicos ou revistas científicas, independente do suporte, nas quais vários autores, sob coordenação de um ou mais editores, publicam o resultado de suas pesquisas”.

Quanto aos tipos de tratamento citados nas publicações investigadas, maior número dos trabalhos foi enquadrado na categoria “Tratamento geral”, constando em 556 publicações (30,75%). As publicações analisadas foram enquadradas nesta categoria quando o autor não especificava explicitamente o tipo de tratamento discutido na publicação ou quando o mesmo citava dois ou mais tipos de tratamentos de resíduos (Figura 03).



Tipos de tratamentos de resíduos sólidos citados na pesquisa, a partir do levantamento bibliográfico realizado na Plataforma Thomson-ISI dos trabalhos publicados entre os anos de 1993 e 201

O padrão verificado, em relação aos tipos de tratamento citados demonstrou que a maioria das publicações (categoria “geral”) abordou o tratamento de resíduos sólidos sob a ótica da otimização dos processos de gerenciamento e a averiguação científica das relações entre “custo – benefício” dos tipos de tratamento existentes e a relação “tipo de resíduos - tratamento mais adequado”.

A dominância, verificada nas publicações, dos tratamentos biológicos (digestão anaeróbia e compostagem) e térmicos (incineração e tratamento térmico em geral), corrobora o padrão verificado em escala global como as principais técnicas empregadas em sistemas de gerenciamento de resíduos sólidos devido aos fatores como geração de energia elétrica e no caso da compostagem o reaproveitamento.

De acordo com Brasil (2004) os métodos utilizados para o tratamento e disposição final de resíduos nacionalmente são: compostagem, tratamento térmico, autoclavagem, esterilização por micro-ondas, co-processamento, incineração, reciclagem e landfarming (i.e. digestão anaeróbia ou aeróbia), corroborando o padrão verificado na avaliação cienciométrica dos últimos 20 anos. Tal padrão denota que as tomadas de decisão quanto ao tratamento dos resíduos sólidos no Brasil convergem para a tendência global, situação que atende de forma parcial os indicadores da Política Nacional de Resíduos Sólidos, restando, no entanto, a necessidade imediata de replicação das técnicas e ampliação da cobertura dos sistemas de tratamento vigentes, além da constante revisão dos processos metodológicos tendo em vista o atendimento integral de condicionantes ambientais.



CONCLUSÕES

A análise cientométrica em tratamento de resíduos sólidos nos permite concluir que houve um crescimento muito grande na área, fato esse explicitado, inclusive, pelo grande número de trabalhos publicados ao longo do tempo. Um número expressivo, uma vez que demonstra uma quantidade considerável, mas ainda não suficiente se relacionar o número de trabalhos realizados e a crescente preocupação com a disposição final e tratamento de resíduos sólidos em todo o mundo. Esses trabalhos desenvolveram-se em 48 países distribuídos nas mais diferentes regiões do globo. Assim, felizmente, a ciência, através dos seus pesquisadores, demonstra uma clara preocupação com a prevenção e/ou mitigação dos impactos ambientais, favorecendo a defesa da sustentabilidade da vida na terra, sobretudo quando se pensa nas gerações futuras.

A situação do planeta é crítica e, se medidas urgentes não forem tomadas, através dos procedimentos adequados, sobretudo no gerenciamento dos resíduos sólidos, a qualidade de vida certamente estará ameaçada ou irreversivelmente comprometida de forma negativa.

Diante disso propõe-se a partir do presente trabalho um maior investimento e incentivo à pesquisa e desenvolvimento de tecnologias de tratamento de resíduos sólidos no Brasil, com fortalecimento dos grupos de pesquisas atuais sobre tratamento de resíduos sólidos e criação de novos grupos de pesquisas tanto em instituições públicas como privadas; maior investimento e incentivo à criação e implementação de políticas públicas relacionadas ao gerenciamento de resíduos sólidos em países da América Latina, África e Oceania, visto que estes apresentaram poucos trabalhos publicados com relação ao tema proposto.

Dessa forma será possível fortalecer as cadeias produtivas, estabelecer efetivamente os acordos setoriais e criar uma demanda efetiva para o desenvolvimento de tecnologias para o tratamento de resíduos sólidos, tendo a comunidade científica como detentora do processo de idealização e materialização de novas técnicas e desenvolvimento de tecnologias de baixo custo efetivamente aplicáveis a países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento; divulgação de técnicas de tratamento de resíduos sólidos descritas a partir de publicações científicas a partir da publicação de trabalhos cientométricos e bibliométricos; e incentivo à publicação de livros e manuais de divulgação de técnicas de tratamento de resíduos sólidos tendo como objetivo maior transparência na identificação da relação “tipo de resíduos” e “técnica de tratamento mais adequada”.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. 2004. Equilíbrio Ambiental e resíduos na sociedade moderna. São Paulo. Ed. FAARTE. 49p.
2. BRASIL. Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010. Regulamenta a Lei nº 12.305, de dois de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.abrasnet.com.br/pdf/decreto7404.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2015.
3. BITTENCOURT, Larissa Arianne Fantin; PAULA, Alessandro de. Análise Cientométrica de Produção Científica em Unidades de Conservação Federais do Brasil. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.8, N.14; p. 204 – 2012
4. FERREIRA, Ana Gabriela. Bibliometria na avaliação de periódicos científicos. Revista de Ciência da Informação – v.11, n.3. jun/10. Disponível em http://www.dgz.org.br/jun10/Art_05.htm Acesso em 27/01/2015.
5. HUGGETT, S. The bibliometrics of the developing world. Research Trends, Issue 35, December 2013. Disponível em http://blog.scielo.org/blog/2014/01/09/a-bibliometria-do-mundo-em-desenvolvimento-publicado-originalmente-na-newsletter-da-elsevier-research-trends-issue-35-developing-research-in-developing-countries/#.VMkbNmjF_X4 Acesso em 27/01/2015
6. INSTITUTE FOR SCIENTIFIC INFORMATION – ISI. 2013 <<http://isi1.isiknowledge.com/portal.cgi>> Acesso em: 30 de Julho de 2014.