

## **CINZAS DE BIOMASSA NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL: ESTUDO BIBLIOMÉTRICO.**

BIOMASS ASHES IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY: BIBLIOMETRIC STUDY.

**Carlos Cesar de Araújo Júnior<sup>1\*</sup>, Odilar Costa Rondon<sup>1</sup>, José Carlos de Jesus-Lopes<sup>1</sup>, Luiz Miguel Renda dos Santos<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Programa de Pós-graduação em Eficiência Energética e Sustentabilidade

E-mails: jr.carlosaraujo@gmail.com, odilar.rondon@ufms.br, jose.lobes@ufms.br

<sup>2</sup>Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Escola de Administração e Negócios.

E-mail: luiz.renda@ufms.br

\*Autor para correspondência: Rua UFMS, 40 – Vila Olinda, Campo Grande/ MS, CEP 79070-900.

### **RESUMO**

A indústria da construção civil consome vultosos montantes de recursos naturais e gera quantidades significativas de resíduos. Assim, o emprego de materiais alternativos mais sustentáveis é uma condição premente e indispensável. As cinzas processadas, originadas pela combustão de biomassa para geração de energia, são fonte potencial de insumos. Portanto, o objetivo é identificar o nível de progresso das pesquisas científicas sobre o tema, além do método e frequência com que este é abordado. A metodologia consistiu no emprego de técnicas bibliométricas para relacionar publicações enquadradas. Palavras chave específicas fundamentaram o início da busca e filtros foram utilizados para refina-la. Elencou-se, então, informações relativas ao título, autores e resumo das publicações para categoriza-las em função dos métodos de pesquisa. A classificação tipológica dividiu a amostra em dois grupos. O primeiro, que abrange pesquisas com metodologia quantitativa e finalidade experimental, formado por 42 trabalhos e, o segundo, cuja natureza e finalidade dos elementos são, respectivamente, qualitativa e básica, com 9. Os resultados demonstraram haver uma integração da comunidade científica por meio do intercâmbio de informações para avançar na produção de conhecimento. Ademais, constatou-se aumento do número de publicações durante o período analisado, o que indica incremento contínuo na relevância do tema.

**Palavras-chave:** Cinzas processadas; materiais de construção; sustentabilidade; bibliométrico.

### **ABSTRACT**

The construction industry consumes large amounts of natural resources and generates significant amounts of waste. Thus, the use of more sustainable alternative materials is a pressing and indispensable condition. The processed ashes, originated by the combustion of biomass for the generation of energy, are potential source of inputs. Therefore, the objective is to identify the level of progress of scientific research on the topic, as well as the method and frequency with which it is approached. The methodology consisted in the use of bibliometric techniques to relate framed publications. Specific keywords provided the beginning of the search and filters were used to refine it. Information about the title, authors and abstract of the publications was then listed to categorize them according to the research methods. The typological classification divided the sample into two groups. The first one, which covers researches with quantitative methodology and experimental purpose, consists of 42 papers and the second, whose nature and purpose of the elements are, respectively, qualitative and basic, with 9. The results showed that there is integration of the scientific community through the exchange of information to advance the production of knowledge. In addition, there was an increase in the number of publications during the analyzed period, which indicates a continuous increase in the relevance of the theme.

**Keywords:** Ashes processed; construction materials; sustainability; bibliometric.

## 1. INTRODUÇÃO

A construção civil é, em virtude de sua natureza consumidora, um segmento que apresenta elevado potencial de absorção de tecnologias e materiais novos desenvolvidos a partir da utilização de resíduos (JOHN; CINCOTTO; SILVA, 2003). Os subprodutos de origem agroindustrial, como cinzas geradas pela combustão de biomassa para produção de energia, têm notória relevância no campo das alternativas mais sustentáveis, uma vez que se constituem, em geral, de um passivo ambiental de difícil destinação. Além disso, Cincotto (1988) menciona a necessidade de redução do custo da construção, a elevada quantidade de matéria prima e recursos naturais consumidos, além da preocupação com a extinção das reservas naturais como motivos que justificam o potencial de empregabilidade.

No Brasil, o consumo de agregados naturais somente na produção de concretos e argamassas é de 220 milhões de toneladas ao ano. Segundo Amador (1985), o processo de extração da areia gera impactos ambientais profundos, como a formação de crateras e valas, influência na dinâmica do modelado oceânico, erosão, desequilíbrio de cadeias biológicas ou até a destruição destas, bem como a perda da biodiversidade e redução dos níveis e da qualidade dos lençóis freáticos.

As emissões de gases de efeito estufa da indústria cimenteira correspondem a 3 % do total mundial e a de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono), particularmente, equivale a, aproximadamente, 5 %. Dados da Organização Mundial da Saúde (OMS) apontam que 23 % das mortes prematuras em todo o mundo estão relacionadas a fatores ambientais associados à exposição à poluição em ambientes internos e externos originada pelos processos de produção de energia, utilização de fornos, transporte, fornalhas industriais, dentre outras causas.

Portanto, o significativo impacto ambiental gerado pela extração de matéria prima para subsidiar a produção de insumos para a construção, o consumo energético elevado demandado para a transformação dos recursos retirados e a geração de resíduos pelas indústrias são fatores de risco iminente para a manutenção das condições do meio ambiente. Dessa forma, uma alternativa potencial para redução dessas consequências adversas é o emprego dos subprodutos originados da produção industrial na melhoria dos materiais ou no desenvolvimento de novos produtos para o segmento da construção civil (MEHTA, 1977; SALAS et. al., 1986).

Entretanto, o estudo da aplicabilidade de resíduos exige que se compreenda o ciclo de vida completo da matéria, de forma que deve abranger as unidades de geração, a caracterização completa e a identificação do potencial de utilização (ROCHA; CHERIAF, 2003). Uma sequência de etapas com o propósito de elevar a eficácia da pesquisa, sugerida por John (2000), consiste em identificar e estimar a quantidade de resíduo gerada; selecionar o material a ser investigado; detalhar dados estatísticos; levantar os custos associados ao subproduto em questão; compreender o processo de geração; caracterizar o resíduo; selecionar a aplicação a que será destinado; desenvolver e avaliar o material; analisar o desempenho ambiental e a viabilidade econômica e, por fim, realizar a transferência de tecnologia.

Interpostos os argumentos citados, a busca por materiais alternativos que ofereçam condições de aplicação na construção civil, com geração de impactos ambientais, sociais e econômicos reduzidos demonstra-se uma opção não apenas necessária como premente. Assim, a problemática se traduz no questionamento de qual o estágio de evolução em que se encontram as pesquisas sobre a viabilidade técnica para utilizar cinzas processadas para produção de concretos e argamassas.

O objetivo, portanto, é identificar as características das pesquisas que abordam a temática em pauta e verificar o nível dos estudos realizados. Além disso, avaliar o método e frequência que este assunto aparece na comunidade científica, visto a urgência de soluções como as oferecidas por esta alternativa para tornar a construção civil mais sustentável.

A estrutura deste documento é composta por uma parte introdutória, onde há a contextualização do problema e identificação dos objetivos, seguida por uma seção em que são relacionados fatores essenciais que influenciam na geração e caracterização do resíduo. Expõe-se,

então, o procedimento metodológico utilizado, inclusive com a colocação das considerações pertinentes. Por fim as referências utilizadas na produção do artigo são transcritas.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

A biomassa é uma fonte de energia renovável e sustentável, à medida que a demanda por insumos é atendida pelo manejo florestal adequado e pela utilização de resíduos florestais, industriais ou urbanos (VIDAL; HORA, 2012).

### **2.1. Cinzas processadas**

O material residual caracterizado como cinza é muito heterogêneo em qualidade ao passo que se distingue em três frações conhecidas como cinzas de fundo, cinzas volantes do ciclone e cinzas volantes do filtro (COELHO, 2010). Em função dos teores de carbono não queimado podem apresentar coloração preta intensa, no caso de indicador elevado ou, pelo contrário, cor cinza clara. Devido a essas diferenças o volume gerado deste passivo varia entre 5 e 40 quilogramas secas por adt (*Air Dry Metric tons*) de celulose (FOELKEL, 2011).

As cinzas de fundo correspondem a um percentual de 30 a 40 % do total originado e são formadas pela fração grosseira de partículas recolhidas na grelha ou na câmara de combustão primária. Em geral, apresenta-se misturada com areias, pedras e outras impurezas da biomassa, ou material do próprio leito, nos casos de combustão em leito fluidizado.

Segundo Ohlström et. al. (2006), as cinzas volantes do ciclone compreendem partículas de cinzas volantes grosseiras, majoritariamente inorgânicas. Elas são carreadas por gases voláteis e precipitadas na câmara de combustão secundária, na caldeira e, principalmente, nos ciclones e multiciclones instalados no sistema para limpeza de particulados do ar.

Cinzas volantes do filtro correspondem a fração mais fina de partículas, sobretudo aerossóis. Elas são recolhidas nos precipitadores eletrostáticos ou filtros de fibra posicionados após os multiciclones. Em função da eficiência da tecnologia de precipitação empregada uma parcela pode ser emitida para a atmosfera em conjunto com a corrente gasosa, o que contribui para a poluição (LOO; KOPPEJAN, 2008).

Logo, as características das cinzas mantêm estreita relação com diversos fatores como a espécie vegetal que forneceu a biomassa, a parte do espécime empregada (tronco, fuste, copa, dentre outras), combinação com outros tipos de combustíveis, tipo de solo e clima, condições de combustão, coleta e armazenagem. A quantidade de variáveis que interferem na formação desse resíduo, portanto, demonstra a natureza complexa e heterogênea do material (DEMEYER; NKANA; VERLOO, 2001).

### **2.2. Pesquisa bibliométrica**

Segundo Okubo (1997), a bibliometria consiste em uma ferramenta que habilita observar o estado da ciência e tecnologia por meio da produção científica geral. Dessa forma, é possível traçar paralelos entre o progresso de regiões geográficas, instituições e até mesmo indivíduos em relação a comunidade científica. É considerada ainda o ramo da ciência que estuda os setores tecnológicos a partir de fontes bibliográficas e patentes para identificar os atores envolvidos e suas relações (SPINAK, 1998).

Este tipo de pesquisa compreende a aplicação de análises estatísticas para avaliar as características de documentos, o estudo quantitativo da produção de material técnico, utilização de métodos matemáticos e estatísticos na qualificação do uso que se faz dos livros e a apreciação da quantidade de unidades físicas publicadas. Sua finalidade é mensurar o resultado da investigação científica por meio de dados oriundos de publicações especializadas (OKUBO, 1997; SPINAK, 1998).

Apesar da ampla capacidade de prospecção e busca de informações, Porter e Detampel (1995) elencam algumas limitações para a sistematização e automatização na análise de dados para a pesquisa bibliométrica. Por exemplo, o fato de que nem todo estudo resulta em publicações ou patentes, o que demonstra que parte do conhecimento produzido está além do alcance da análise bibliométrica. A ausência de padronização na formatação de publicações e citações entre áreas da ciência e mesmo instituições dificulta a comparação de resultados. Além disso, a qualidade da pesquisa não é considerada na implementação de uma análise dessa natureza.

A bibliometria fornece parâmetros importantes para identificar dinâmicas entre países ou outras unidades, como continentes ou blocos político-sócio-culturais. Dessa forma, é possível mapear redes de cooperação entre entidades federativas, além de avaliar o impacto de programas de fomento e compartilhamento de tecnologia. Estudos desse tipo ressaltam ainda a estrutura das disciplinas científicas e a relação entre elas (OLIVEIRA, 2012).

### 3. METODOLOGIA

A pesquisa proposta se enquadra na área das Engenharias, conforme a classificação de Gil (2010). A abordagem é multidisciplinar uma vez que suscita aspectos relativos a diversas disciplinas sob o enfoque de uma revisão bibliográfica. Assim, o tipo do estudo é com método misto, pelo que a análise é de ordem qualitativa, mediante elementos quantitativos (ARAÚJO, 2006; GIL, 2010).

A finalidade da pesquisa é básica com objetivos exploratórios e auxílio da avaliação de dados secundários originários de publicações científicas. Como instrumento de coleta dos dados se serviu de plataforma de acesso a periódicos disponíveis na rede global de computadores. A análise do material levantado foi realizada por meio de técnicas mistas.

#### 3.1. Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada em três etapas. Para iniciar o processo utilizou-se a ferramenta de busca disponibilizada pela plataforma *ScienceDirect*, por intermédio da qual foram introduzidas palavras chave selecionadas de acordo com o tema proposto. Para evitar que a procura fosse cerceada optou-se por empregar termos direcionados para a área em questão sem, contudo, eliminar pesquisas com potencial de abranger a problemática, ainda que de forma indireta.

As palavras chave foram escritas no idioma inglês, posto que a base de dados é internacional e a comunidade científica adota a língua como padrão (GARFIELD, 1983). Assim, todas as publicações com relevância seriam abordadas, independente da nacionalidade de seus autores. Portanto, os termos destacados para a coleta dos dados foram “biomass ash” e “concrete and mortars”, que na tradução para o português significam “cinza de biomassa” e “concreto e argamassas”, respectivamente.

Concebeu-se a busca como avançada, de acordo com os critérios da plataforma. Todos os campos disponíveis para procura foram contemplados, desde o título, referências, resumo até as palavras chave propriamente. Assim, evitou-se que fossem descartados estudos importantes que contivessem as palavras chave específicas buscadas em alguns campos e não em outros. O período estipulado na análise foi do mais remoto em que houve publicação até o ano de 2016.

Na segunda etapa foi empregado filtro de busca relativo aos títulos dos periódicos onde a pesquisa foi publicada. O objetivo era eliminar os estudos relacionados unicamente ao tema de geração sustentável de energia e eficiência energética, nos quais a gestão dos resíduos e aplicações potenciais, como a construção civil, fossem apenas mencionadas e não aprofundadas. Neste tópico considerou-se que as áreas de atuação das revistas guardam estreita relação com seus respectivos títulos.

Como última fase utilizou-se o filtro referente ao tema da pesquisa. Por meio desse refino foi possível descartar trabalhos cuja matéria não dispõe de metodologia direcionada a abordar o assunto ligado à utilização de resíduos da incineração de biomassa na produção de concretos e argamassas.

Assim, foi possível restringir o número de elementos da amostra de forma coerente pelo emprego de argumentos plausíveis e com reprodutibilidade. Os estudos identificados como compatíveis com a esfera proposta foram selecionados, bem como informações relativas aos seus autores e resumos.

### 3.2. Tratamento dos dados

Os resumos dos estudos componentes da amostra resultante do processo de coleta de dados foram objeto de investigação. A observação foi realizada, primeiramente, por meio de técnica de análise de conteúdo, com a finalidade de identificar aspectos do universo amostral relacionados ao ano de publicação e país de origem dos autores. Desse modo, a intenção era avaliar qual região geográfica concentra a vanguarda nos estudos relacionados ao tema, bem como analisar o período temporal das pesquisas. Os resultados indicariam, potencialmente, se o assunto tem relevância atual, se não há novas descobertas recentes ou alguma outra particularidade relacionada ao assunto.

Em seguida os artigos foram classificados de acordo com os elementos constituintes dos métodos de pesquisas científicas, conforme proposto por Jesus-Lopes (2016). Assim, o pretendido era avaliar de que forma a publicação contribui para o conhecimento científico, seja por meio de novos resultados, abordagens, experimentos, dentre outras possibilidades.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira etapa da coleta de dados resultou em um total de 560 publicações, as quais relacionavam as palavras chave dentre algum dos campos disponíveis. Nessa fase, segundo apontado pela plataforma, havia 20 diferentes periódicos onde estavam contidas as pesquisas listadas. A Tabela 1 discrimina, em ordem decrescente, as quantidades relativas a cada revista, com a respectiva identificação da mesma. O procedimento seguinte, com a aplicação do filtro para os títulos das publicações onde a pesquisa está inserida, reduziu o número de elementos da amostra para 194.

Tabela 1 - Número de publicações em relação a cada periódico.

Título da revista	Número de publicações
Fuel and Energy Abstracts	126
Construction and Building materials	74
Journal of Cleaner Production	33
Cement and Concrete Composites	21
Cement and Concrete Research	15
Fuel	12
Waste Management	12
Procedia Engineering	10
Journal of Environmental Management	9
Renewable and Sustainable Energy Reviews	9
Resources, Conservation and Recycling	9
Chemistry of the Environment (Second edition)	8
Building and Environment	7
Fuel Processing Technology	7
Journal of Hazardous Materials	7
Ceramics International	6
Energy and Buildings	6
Materials and Design (1980-2015)	5
Sustainability of Construction Materials	5
Bioresource Technology	4

Fonte: Adaptado de ScienceDirect (2016).

Conforme o método proposto, foram descartados os estudos relacionados em revistas que não abordavam diretamente aspectos de gestão de resíduos e aplicação na construção civil. Dessa forma, 10 revistas foram desconsideradas, as quais são dirigidas, sobretudo, a questão energética, com abordagem de aspectos como geração renovável e sustentável, além de conservação de energia. As publicações descartadas foram: *Fuel and Energy Abstracts*, *Fuel*, *Procedia Engineering*, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *Resources, Conservation and Recycling*, *Chemistry of the Environment (Second edition)*, *Fuel Processing Technology*, *Energy and Buildings* e *Bioresource Technology*.

Após a aplicação do primeiro procedimento de refino da busca, as pesquisas restavam subdivididas em relação ao assunto que suscitavam. Quanto a esse critério havia 20 classes em que a plataforma distribuía os trabalhos. A Tabela 2 indica o número de publicações em relação ao assunto abrangido pelo mote do estudo. A intenção, ao proceder a separação pelo tema era evitar incluir produções em que as variáveis principais não estavam relacionadas com a cinza de biomassa para confecção de concretos e argamassas, que consiste no objeto central dessa análise bibliométrica.

Tabela 2 - Número de publicações quanto ao assunto abordado pela pesquisa.

Título da revista	Número de publicações
Fly ash	28
Portland cement	28
Concrete	24
Cement	19
Compressive Strength	12
Portland	12
CO <sub>2</sub> emission	9
Fly	8
Biomass	7
NaOH	7
Mortar	6
Water	6
ASTM	5
Biomass ash	5
Bottom ash	5
Build	5
Recycle	5
Waste	5
Pozzolanic activity	4
Rice husk	4

Fonte: Adaptado de ScienceDirect (2016).

Os assuntos selecionados foram aqueles que se referiam mais objetivamente ao tema. Além disso, pela leitura dos tópicos que a base de dados ofertou foi possível depreender que há termos análogos entre si, de modo que, para evitar reiteraões desnecessárias, optou-se por um dentre eles, como, por exemplo, “Portland cement” e “cement”, os quais essencialmente se referem ao mesmo elemento. Assim, foram descartados: *cement*, *compressive strength*, *Portland*, *CO<sub>2</sub> emission*, *fly*, *biomass*, *NaOH*, *water*, *ASTM*, *build*, *recycle*, *waste* e *rice husk*.

Por fim, a amostra restou compreendida por 67 componentes, os quais cumpriram os requisitos do método aplicado para a pesquisa bibliométrica, conforme exposto. Foram então arrolados os títulos, o nome dos autores e os respectivos resumos, para subsidiarem a classificação.

A análise pormenorizada dos estudos, de maneira a enquadrar suas respectivas metodologias nas tipologias abordadas por Jesus-Lopes (2016), revelou que, apesar da aplicação da sistemática para eliminar as pesquisas que não se relacionavam com o tema, 16 dos artigos selecionados para compor a amostra não atendiam as exigências. Embora as respectivas teses mantenham relação com a proposta levantada, a abordagem é direcionada para uma vertente diversa da aplicação em construção civil, particularmente a produção de concretos e argamassas. Portanto, após essa fase foram classificadas 51 pesquisas, as quais compõem o arcabouço teórico desse trabalho.

#### 4.1. Análise dos resultados

Quanto ao período correspondente a cada uma das publicações, a Tabela 3 indica a quantidade de pesquisas relativas a cada ano. É possível observar uma tendência de incremento nos números, o que denota um interesse crescente na procura por alternativas mais sustentáveis para os materiais de construção empregados, em específico, pelo uso potencial de cinzas de biomassa como material cimentício suplementar.

Tabela 3 - Número de publicações em função do ano.

Ano	Número de publicações
2016	12
2015	7
2014	5
2013	4
2012	9
2011	5
2010	1
2009	4
2008	1
2007	1
2005	1
2004	1

Fonte: Elaborado pelo autor.

Dentre as inúmeras áreas da ciência e tecnologia, determinados países ocupam posição de vanguarda em algumas delas, no que tange à evolução no campo científico. Os indicadores do número de estudos publicados em relação ao país de origem mostraram que a Tailândia apresenta o maior número de pesquisas com 9. Em seguida os Estados Unidos da América, com contribuição em 8 trabalhos. Os países ibéricos possuem 12 publicações relativas ao tema, sendo 4 por parte da Espanha e seis por Portugal, enquanto duas são resultado de uma ação conjunta. Certamente, peculiaridades de ordem econômica, política e social, relativas a esses países, justificam o maior interesse pelo assunto. O Brasil está posicionado com 3 pesquisas dentre as avaliadas.

Uma observação interessante é que do total de elementos da amostra 12 resultam da cooperação de pesquisadores de dois ou mais países. Isso demonstra um empenho coletivo no estudo da viabilidade técnica para implementação dessa solução. Ressalta, ainda, a significância do problema enfrentado e a premência da matéria. Além disso, a integração entre a comunidade científica sinalizada pelas publicações associadas contribui para o intercâmbio de informações e avanço mais célere de novas descobertas.

Destaca-se, ademais, que quinze trabalhos foram elaborados por 5 ou mais estudiosos. Esse indicador reforça a teoria de que há correntes de pesquisa e grupos de trabalho engajados na avaliação dos aspectos relacionados ao tema. Esse indicador denota a relevância do assunto na atual conjuntura.

Nos termos propostos para a classificação tipológica das pesquisas, identificou-se que dentre certos aspectos há um evidente predomínio por determinado parâmetro. Quanto à abordagem, por exemplo, todos os estudos levantados foram enquadrados como multidisciplinar. Isso em decorrência do assunto apresentar natureza específica, relacionada a área das Engenharias, em que se englobam conhecimentos de disciplinas diversas como química, física, matemática, dentre outras.

A classificação tipológica revelou que a amostra é dividida em dois grupos, os quais apresentam elementos com as mesmas características. O grupo I, formado pelo maior número de trabalhos é composto por 42, os quais são voltados essencialmente para aplicação prática, com a utilização de procedimentos experimentais e análise de dados por meio de critérios estatísticos. O grupo II abrange as nove pesquisas restantes, as quais apresentam caráter básico, em que se busca organizar o conhecimento obtido de maneira a esclarecer a trajetória científica do tema, em geral, por meio de revisões bibliográficas.

Tabela 4 - Classificação tipológico dos grupos de pesquisa encontrados.

Classificações	Grupo I	Grupo II
Área do conhecimento	Engenharias	Engenharias
Abordagem epistemológica	Multidisciplinar	Multidisciplinar
Tipo da pesquisa científica	Quantitativa	Qualitativa
Finalidade da pesquisa	Experimental	Básica
Objetivos	Explicativa	Descritiva
Procedimentos de coleta de dados	Pesquisa experimental	Pesquisa bibliográfica
Procedência dos dados	Dados primários	Dados secundários
Instrumentos de coletas	Observação	Internet
Técnicas de análise de dados	Técnica quantitativa	Técnica qualitativa

Fonte: Adaptado de Jesus-Lopes (2016).

Dessa forma, depreende-se que o maior número de trabalhos nessa temática prioriza apontar resultados numéricos, o que vai ao encontro da essência das ciências exatas, onde estão inseridas as engenharias. As publicações qualitativas, sobremaneira, são revisões bibliográficas do assunto, de modo que o enfoque está em elencar os tópicos abordados em pesquisas anteriores e compilar resultados encontrados. Além disso, direcionar trabalhos futuros ao identificar quais pontos não foram investigados sob a vertente científica.

As pesquisas quantitativas demonstraram, ainda, serem experimentais, uma vez que foram utilizados procedimentos estruturados e instrumentos formais de coleta de dados, baseados em preceitos estipulados por normas técnicas. Enquanto as qualitativas, por apresentarem objetivos de gerar conhecimentos novos e úteis sem, contudo, utilizar uma aplicação prática, são classificadas como básicas.

Os elementos do grupo I foram classificados, ademais, como explicativos, posto que partem de um objeto de estudo, no caso as cinzas de biomassa, onde se identificam as variáveis que influenciam no processo e a relação existente entre elas, e, por fim, são empregados métodos experimentais para avaliar as hipóteses. As pesquisas enquadradas no grupo II possuem objetivos descritivos, em que a finalidade é proporcionar uma releitura dos conhecimentos obtidos até o momento.

Os dados levantados nas pesquisas do primeiro grupo são primários, uma vez que resultaram de procedimentos experimentais, os quais foram determinados com base em critérios protocolares. A análise deles envolveu a aplicação de métodos quantitativos, em que foram avaliados parâmetros numéricos. Para o segundo grupo, os dados são secundários, originários de uma pesquisa bibliográfica



e as técnicas de análise foram qualitativas, posto que o pretendido era compilar os estudos realizados nessa área.

Estruturalmente, os elementos que compõem cada grupo apresentam diferenças significativas. O grupo I, composto pelo maior de pesquisas, apresenta enfoque na validação de hipóteses, obtidas pela fundamentação teórica, por meio da experimentação. No grupo II o que se pretende é reunir informações e, assim, formular novas teorias sobre o tema. Dessa forma, o que se percebe é uma geração, renovação e reanálise constante do conhecimento, de modo a conferir credibilidade aos resultados encontrados.

## 5. CONCLUSÕES

A utilização de resíduos sólidos industriais, como as cinzas de biomassa, na produção de novos materiais ou na melhoria dos existentes é uma solução benéfica pelo ponto de vista de destinação de um passivo ambiental, além de fornecer matéria prima alternativa para determinado segmento. Portanto, a partir desse princípio entende-se uma metodologia mais sustentável no meio de produção.

Em particular, para setores que são considerados grandes consumidores de energia e recursos naturais, como a construção civil, além de gerarem volumes expressivos de resíduos sólidos, essa solução, caso apresente viabilidade técnica, mostra potencial para reduzir o impacto socioambiental gerado pela indústria. Logo, o objetivo proposto nesse estudo bibliométrico era avaliar o estágio de desenvolvimento desse tema na comunidade científica, por meio da qualificação das publicações encontradas, assim como determinar a relevância do assunto, haja vista a necessidade e urgência de soluções alternativas mais sustentáveis.

Foram empregadas então técnicas de análise bibliométrica para, a partir de uma base de dados de reconhecida magnitude, formar um grupo amostral com pesquisas sobre a temática de interesse. A partir de palavras chave relacionadas foram realizadas as buscas e, posteriormente, utilizou-se filtros para triar as pesquisas que efetivamente mantêm relação com a proposta. Por fim, os estudos encontrados foram elencados mediante informações relativas ao título, autores e resumos e, então, classificados de acordo com os elementos constituintes dos métodos de pesquisa utilizados.

Os resultados mostraram uma tendência de incremento no interesse da avaliação da viabilidade técnica para o emprego de cinzas de biomassa na construção civil. O número de pesquisas em função do ano de publicação indicou aumento gradativo ao longo das últimas décadas. Isso demonstra a atualidade do assunto e corrobora com a hipótese da necessidade premente de soluções alternativas para a indústria da construção.

Além disso, constatou-se que há uma distribuição nos estudos encontrados em relação ao país de origem. Apesar de haver polos tecnológicos onde se empregam mais recursos no desenvolvimento do tema, diversos países reúnem esforços para gerar novos conhecimentos na área. Ainda, ficou evidente a cooperação entre cientistas de diferentes origens por meio de publicações em conjunto, o que mostra o intercâmbio de informações para fomentar a evolução do conhecimento científico.

Quanto à classificação tipológica, as pesquisas dividiram-se em dois grupos, cujos elementos apresentam características específicas. A metodologia científica mais empregada consistiu naquela cuja tipologia é de natureza quantitativa, com finalidade experimental e utilização da observação como instrumento de coleta de dados, os quais apresentam procedência primária, além do emprego de técnicas quantitativas de análise. Isso indica que certos aspectos estão esclarecidos, como as variáveis existentes, as condições de controle necessárias para a experimentação, dentre outros. Portanto, há meios de buscar validar as hipóteses levantadas.

O grupo composto por menos elementos apresenta características de pesquisas qualitativas, com finalidade básica, objetivos descritivos e procedimentos de pesquisa bibliográfica. A procedência dos dados é secundária e as técnicas de análise são qualitativas. Esses trabalhos mostram uma vertente no sentido de compilar e organizar as publicações e os resultados originados. Dessa forma, o intuito é

avaliar quais aspectos sobre o tema ainda não estão desanuviados e apontar novos rumos para o avanço da pesquisa.

Logo, o que se percebe é uma tendência de evolução constante do conhecimento científico gerado sobre o mérito, além de acenar para uma crescente relevância do assunto com o investimento de recursos significativos por parte de importantes centros tecnológicos.

## 6. REFERÊNCIAS

AMADOR, E. S. **Extração de areia em faixas litorâneas: impactos ambientais**. Rio de Janeiro: FEEMA, 1985.

ARAÚJO, C. A. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. **Revista Em Questão**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 11-32, jan./jun. 2006. Disponível em: <<http://revistas.univerciencia.org/index.php/revistaemquestao/article/view/3707/3495>>. Acesso em: 11 dez. 2016.

CINCOTTO, M. A. Utilização de subprodutos e resíduos na indústria da construção civil. In: **Tecnologia de Edificações**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas. 1988, p. 71-74.

COELHO, A. M. S. **Gestão de cinzas produzidas em centrais de cogeração operadas com biomassa**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) - Universidade de Aveiro, Portugal, 2010.

DEMEYER, A.; NKANA, J. C. V.; VERLOO, M. G. Characteristics of wood ash and influence on soil properties and nutrient uptake: an overview. **Bioresource Technology**, v. 77, n. 3, maio 2001, p. 287-295. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852400000432>>. Acesso em: 10 nov. 2016.

FOELKEL, C. Resíduos sólidos industriais do processo de fabricação de celulose kraft de eucalipto. Parte 5: Resíduos minerais. **Eucalyptus online Book & Newsletter**. Grau Celsius, 2011. Disponível em: <<http://www.eucalyptus.com.br/disponiveis.html>>. Acesso em: 20 set. 2016.

GARFIELD, E. Mapping Science in the Third World. Part 1. **Science and Public Policy**, v. 10, n. 3, p. 112-127, Oxford, jun. 1983.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

JESUS-LOPES, J. C. **Metodologia científica**: elementos constituintes dos métodos de pesquisas científicas. [S.l.]: [S.n.], 2016. Não publicado.

JOHN, V. M. J. **Reciclagem de resíduos na construção civil** – contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. (2000). Tese (livre docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

JOHN, V. M., CINCOTTO, M. A., SILVA, M. G. Cinzas e aglomerantes alternativos. In: FREIRE, W. J., BERALDO, A. L. (ed.), **Tecnologias e Materiais Alternativos de Construção**, 1 ed., capítulo 6, pp. 145-190. Campinas, Editora da UNICAMP, 2003.

LOO, S. V.; KOPPEJAN, J. **The Handbook of Biomass Combustion and Co-firing**. Londres: Earthscan, 2008. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/237079687\\_The\\_Handbook\\_of\\_Biomass\\_Combustion\\_and\\_Cofiring](https://www.researchgate.net/publication/237079687_The_Handbook_of_Biomass_Combustion_and_Cofiring)>. Acesso em: 7 jan. 2017.

MEHTA, P. K. Properties of cements made from rice husk ash. **Journal of American Concrete Institute**, v. 74, n. 9, p. 440-442, Detroit, set. 1977.

OHLSTRÖM, M.; JOKINIEMI, J.; HOKKINEN, J.; MAKKONEN, P.; TISSARI, J. Views and Conclusions from the FINE Particles – Technology. Environment and Health Technology Programme. In: Herring, P. (ed.) **Combating Particulate Emissions in Energy Generation and Industry**. Finland: Tekes, 2006.

OKUBO, Y. **Bibliometric indicators and analysis of research systems**: methods and examples. Paris: OECD, 1997. Disponível em: <<http://www.oecd-ilibrary.org/docserver/download/208277770603.pdf?expires=1482118024&id=id&accname=guest&checksum=96D5224DEE78A748FE139E973DF5A9E8>>. Acesso em: 19/12/2016.

OLIVEIRA, C. M. B. **A produção científica em sustentabilidade e a contribuição da ciência dos materiais**. (2012). Dissertação (Mestrado em Ciência, Tecnologia e Sociedade). Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2012.

PORTER, A. L.; DETAMPEL, M. J. Technology opportunities analysis. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 49, n. 3, p. 237-255, jul. 1995.

ROCHA, J. C.; CHERIAF, M. Aproveitamento de resíduos na construção. In: **Utilização de resíduos na construção habitacional**. ROCHA, J. C.; JOHN, V. M. (Ed.). Coletânea Habitar, v. 4, Porto Alegre: ANTAC, 2003.

SALAS, J. S.; CASTILHO, P.; ROJAS, M. I. S.; VERAS, J. Empleo de cenizas de cáscara de arroz como adiciones en morteros. **Materiales de Construcción**, v. 36, n. 203, p. 21-39, Madrid, jul./ago./set. 1986.

SCIENCEDIRECT. Elsevier, 2016. Disponível em: <[http://www.americalatina.elsevier.com/corporate/science\\_direct.php](http://www.americalatina.elsevier.com/corporate/science_direct.php)>. Acesso em: 19/12/2016.

SPINAK, E. Indicadores cientiométricos. **Ciência da Informação**, Brasília, DF, v. 27, n. 2, p. 141-148, out. 1998.

VIDAL, A. C. F.; HORA, A. B. A indústria de papel e celulose. In: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (Brasil). **BNDES 60 anos**: perspectivas setoriais. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2012. p. 334-381.