

## **PROKNOW-C: DA SELEÇÃO DE UM PORTFÓLIO DE ARTIGOS À ANÁLISE SISTÊMICA SOBRE BLOCOS DE TERRA COMPRIMIDA**

**SÂMARA FRANÇA<sup>1</sup>, MARIANA REZENDE SCHUAB<sup>2</sup>, KASTELLI PACHECO SPERANDIO<sup>3</sup>, ROGÉRIO CABRAL DE AZEVEDO<sup>4</sup>, MARIA CRISTINA RAMOS DE CARVALHO<sup>5</sup>, AUGUSTO CESAR DA SILVA BEZERRA<sup>6</sup>**

<sup>1</sup> Mestre em Engenharia Civil pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, professora no IFMG campus Santa Luzia, samara.franca@ifmg.edu.br

<sup>2</sup> Mestre em Engenharia Civil pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, professora no Centro Universitário UNIFACIG, kastelli@sempre.facig.edu.br

<sup>3</sup> Mestre em Engenharia Civil pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, professora no UNIPTAN, mariana.schuab@uniptan.edu.br

<sup>4</sup> Doutor em Engenharia Civil pela UFSC, professor no Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais campus BH. rogerio@civil.cefetmg.br

<sup>5</sup> Doutora em Engenharia Civil pela UFSC e docente do CEFET-MG campus BH. Email: cristina.carvalho@civil.cefetmg.br.

<sup>6</sup> Doutor em Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas pela UFMG e docente do CEFET-MG campus BH. Email: augustobezerra@des.cefetmg.br.

### **RESUMO**

Blocos de terra compactada são elementos de alvenaria feitos a partir de terra estabilizada e adensada. Estes materiais se destacam no quesito sustentabilidade por dispensarem a fase de queima em sua produção. A estabilização química dos blocos pode ser realizada por meio da ativação alcalina que consiste na obtenção de ligantes a partir de materiais aluminossilicatos em uma solução fortemente alcalina. A ativação alcalina é vista como ambientalmente correta devido a sua baixa emissão de gases do efeito estufa e entre seus principais precursores estão as cinzas volantes devido a sua composição química. Diante desse contexto, o objetivo deste trabalho foi organizar um portfólio de artigos científicos sobre blocos de terra compactado com adição de cinzas orgânicas e ativação alcalina e realizar a análise bibliométrica e sistêmica da literatura. O portfólio bibliográfico resultante é composto por 4 artigos relevantes e alinhados com o tema. Dentro da análise bibliométrica pode-se destacar o artigo *Feasibility of manufacturing geopolymers bricks using circulating fluidized bed combustion bottom ash* como mais relevante. Em relação a análise sistêmica, elencaram-se 5 lentes para a discussão dos artigos e, a partir disso, podem-se observar oportunidades para futuras pesquisas.

**Palavras-chave:** ProKnow-C; Seleção de Artigos; Bibliometria; Análise Sistêmica; Bloco de Terra Compactado.

### **PROKNOW-C: FROM THE SELECTION OF AN ARTICLES PORTFOLIO TO SYSTEMIC ANALYSIS ON COMPRIMID EARTH BLOCKS**

## ABSTRACT

Compressed earth blocks are masonry elements made from stabilized and densified earth. These materials stand out in terms of sustainability because they do not have the burning phase in their production. The chemical stabilization of the blocks can be realized by the alkaline activation that consists of obtaining binders from aluminosilicate materials in a strongly alkaline solution. Alkaline activation is also seen as ecofriendly because of its low greenhouse gas emissions. Among the materials precursors of the alkaline activation are fly ash due to its chemical composition. In view of this context, the objective of this work is to build a portfolio of scientific papers about compressed earth blocks with addition of organic ashes and alkaline activation, to realize bibliometric and systemic analysis of the articles. The resulting bibliographic portfolio consists of 4 relevant papers aligned with the theme. Within the bibliometric analysis it is possible to emphasize the paper "Feasibility of manufacturing geopolymer bricks using circulating fluidized bed combustion bottom ash" as more relevant. In relation to the systemic analysis, five lenses were listed for the discussion of the papers and from that could be observed opportunities for future researchs.

**Keywords:** ProKnow-C; Selection of Papers; Bibliometry; Systemic Analysis; Compressed Earth Blocks.

## 1 INTRODUÇÃO

A terra como material de construção já é utilizada pelo homem há muito tempo. Segundo Minke (2012), técnicas de construção em terra são conhecidas pela humanidade há mais de 9000 anos e foram utilizadas por todas as culturas antigas tanto para a construção de residências como de templos religiosos.

Entre os produtos que podem ser fabricados a partir da terra, o bloco de terra compactado se destaca por não necessitar da fase de queima e, com isso, dispensar a utilização de combustíveis em sua fabricação. Se comparados com blocos de cerâmica tradicional, com queima em forno, os blocos de terra compactados que utilizam 10% de cimento em sua composição consomem de 8 a 16 vezes menos energia (PASSOS *et al.*, 2001)

O Bloco de Terra Comprimida (BTC) é um componente da alvenaria fabricado com terra adensada. O BTC é constituído basicamente de terra e pode ser estabilizado física ou quimicamente para melhorar suas propriedades físico-mecânicas, além da durabilidade. A estabilização física consiste na mistura de proporções de diferentes solos para melhor distribuição granulométrica proporcionando um maior

empacotamento de partículas. Na estabilização química, é necessária a utilização de um aditivo químico à terra (NEVES e FARIA, 2011).

Entre as possibilidades de ativação química, existe a ativação alcalina que consiste na obtenção de ligantes sintetizados a partir de materiais aluminossilicatos em soluções altamente alcalinas. Estes ligantes são considerados mais sustentáveis que o cimento Portland por apresentarem um nível de emissão de dióxido de carbono inferior aquele emitido na produção do cimento. Materiais ativados alcalinamente apresentam outras vantagens como uma alta resistência a esforços mecânicos, gradientes de temperatura e ataques químicos sendo, portanto, considerados mais duráveis que o concreto obtido a partir do cimento Portland (TORGAL e JALALI, 2010).

Entre os materiais precursores mais utilizados na ativação alcalina estão as cinzas volantes, que representam a parte do carvão que não é combustível assim como partículas não queimadas devido à combustão incompleta do carvão que varia entre temperaturas de 1200°C a 1600°C (POZZOBON, 1999). A cinza volante foi considerada o resíduo industrial mais relevante do mundo em meados dos anos 2000 quando sua produção chegava a cerca de 500 milhões de toneladas por ano. Mundialmente, os maiores produtores deste resíduo são China, Índia, Estados Unidos, Rússia, Alemanha, África do Sul e Reino Unido (MEHTA e MONTEIRO, 2008). A disposição das cinzas é uma questão importante; pois, caso ocorra de forma negligenciada, pode provocar muitos danos ao meio ambiente devido à lixiviação de elementos presentes em sua composição (DEPOI *et al.*, 2008).

Outro resíduo gerado em grande quantidade e com disposição complicada é o rejeito de mineração, que é um subproduto do processo de beneficiamento do minério de ferro e, teoricamente, apresenta baixo teor do mineral de interesse. Contudo, às vezes, o rejeito apresenta teores significativos do mineral devido a procedimentos inadequados ou falta de tecnologia viável (WOLFF, 2009). A deposição desse resíduo ocorre, usualmente, na forma de barragens de rejeitos. Segundo Presotti (2002), esse tipo de disposição é geralmente negligenciada devido à heterogeneidade do material disposto, o que reflete em baixo controle geotécnico e deficiências nas especificações técnicas na fase de concepção da construção, gerando estruturas com grande potencial de ruptura. Dessa forma, a disposição desse material se apresenta como um problema para a sociedade.

Diante desse contexto, o objetivo deste trabalho foi montar um portfólio de artigos científicos sobre blocos de terra compactados e cinzas orgânicas com ativação alcalina, bem como realizar a análise bibliométrica e sistêmica dos artigos utilizando o Proknow-C.

O Proknow-c se torna importante nesta busca de artigos; pois, por meio dele, pesquisadores conseguem selecionar referencial teórico que seja relevante no meio científico e alinhado com seu tema de pesquisa.

## **2 METODOLOGIA**

Os procedimentos realizados para a seleção do portfólio bibliográfico foram realizados no mês de outubro de 2016.

### **2.1 Palavras-chave**

A escolha das palavras-chave ocorreu de forma a contemplar as três grandes características do objeto a ser estudado. O intuito do trabalho foi pesquisar sobre o bloco de terra compactado; para tanto, utilizou-se então o termo “*compressed earth block*” como um dos eixos de pesquisa.

O outro ponto abordado pela pesquisa é a sustentabilidade. Esse termo foi associado ao trabalho devido à incorporação de resíduos sólidos para confecção dos blocos de terra compactados. O termo mais precisamente utilizado para designar esse eixo da pesquisa foi “*ash*”, devido à introdução de cinzas volantes à massa do bloco para execução dos tijolos. A terceira e última grande característica do material a ser trabalhado está relacionada com seu processo de produção. Assim, o termo “*alkaline activation*” foi utilizado para limitar como qual tipo de tijolo se iria trabalhar.

E, por fim, o termo “*properties*” foi necessário para que a busca apresentasse resultados sobre outros tipos de tijolos que utilizaram os mesmos materiais e o mesmo processo a fim de se comparar os resultados obtidos. Dessa forma, as palavras-chave escolhidas para esta pesquisa foram: “*compressed earth block*”, “*ash*”, “*alkaline activation*” e “*properties*”.

### **2.1 Bases de pesquisa**

A base de pesquisa utilizada foi o Google Acadêmico. A busca se deu por meio do software “*Harzing’s Publish or Perish*”, versão 4.29.1. Com a utilização das palavras-chave já selecionadas para busca em qualquer parte do artigo, o *software* apresentou 1000 resultados de busca, entre livros, citações, patentes e artigos. O tempo amostral utilizado na pesquisa foi de 10 anos; portanto, apenas publicações a partir de 2006 constam nesse portfólio.

Todos os 1000 resultados foram exportados para o *software* de gerenciamento de referências Endnote X7 para a filtragem e seleção do portfólio.

## **2.2 Seleção dos artigos que compuseram o portfólio para a pesquisa**

Como o objetivo do trabalho era reunir apenas artigos relevantes e alinhados com o tema, o primeiro filtro realizado na pesquisa foi para excluir os documentos que não representavam artigos publicados por periódicos. Com essa seleção, dos 1000 resultados encontrados apenas 538 eram artigos científicos. Posteriormente, foram verificadas as referências duplicadas, sendo encontradas apenas 3, contudo, eram patentes.

Antes da execução da primeira etapa de seleção, leitura e análise dos títulos dos artigos, foi preciso fazer uma filtragem relacionada aos periódicos resultantes dessa busca, pois haviam muitos desalinhados com o tema de pesquisa, como por exemplo “*Energy Fuels*”; isso ocorreu porque o *software* em que foi realizada a busca não permite essa filtragem. Com essa seleção, foi possível eliminar 38 artigos.

Outro ponto importante sobre os resultados encontrados com o *software* é que alguns não apresentam o ano de publicação e, por isso, foram eliminadas 59 referências do portfólio. Após a aplicação destes filtros, o portfólio continha 438 artigos. A análise dos títulos resultou na exclusão de 411 artigos, restando apenas 28 para análise dos resumos.

Ao final da etapa de seleção de artigos, passou-se para a bibliometria. A bibliometria tem como objetivo quantificar as informações existentes e fornecer as características das publicações presentes do portfólio de artigos (ENSSLIN *et al.*, 2013). Para isso, foram utilizados indicadores de fatores de impacto de diversas fontes e, posteriormente, realizou-se o reconhecimento científico por meio das citações recebidas

em cada artigo selecionado. Ressalta-se que o fator de impacto indica a quantidade de citações que os artigos de determinado periódico receberam nos últimos anos.

Finalizada a bibliometria, passa-se para a análise sistêmica. A análise sistêmica é utilizada para, a partir de uma visão de mundo (filiação teórica) definida e explicitada por suas lentes, ou seja, critérios definidos pelo pesquisador, analisar uma amostra de artigos representativa de um dado assunto de pesquisa, visando evidenciar para cada lente e, globalmente, para a perspectiva estabelecida, os destaques e as oportunidades (carências) de conhecimentos encontrados na amostra (ENSSLIN *et al.*, 2010).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A etapa da seleção de artigos, pela leitura e análise dos resumos, resultou na seleção de quatro artigos para a leitura de forma integral. Os quatro artigos encontram-se totalmente alinhados com o tema e passaram a compor o portfólio final. Os artigos integrantes do referencial teórico estão nomeados alfabeticamente, conforme **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

Quadro 1 - Artigos que formam o portfólio de artigos para compor o referencial teórico sobre blocos de terra compactados com adição de cinzas

CHEN, C. et al. Feasibility of manufacturing geopolymer bricks using circulating fluidized bed combustion bottom ash. <b>Environmental technology</b> , 2012.
SILVA, R. et al. CEBs stabilised with geopolymeric binders: mechanical performance of dry-stack masonry. <b>WASCON 2015</b> , 2015.
SILVA, R. et al. Mechanical characterisation of dry-stack masonry made of CEBs stabilised with alkaline activation. <b>Construction and Building Materials</b> , 2015.
VENUGOPAL, K.; SASALATTI, V. Ambient Cured Alkali Activated Flyash Masonry Units. <b>IOP Conference Series: Materials Science and Engineering</b> , 2016.

Fonte: Autores (2016).

Na bibliometria, foram considerados 2 aspectos: (i) o fator de impacto dos periódicos e (ii) reconhecimento científico dos artigos. O artigo intitulado “*CEBs stabilised with geopolymeric binders: mechanical performance of dry-stack masonry*”

foi publicado em uma conferência; sendo assim, o impacto da sua publicação não pode ser avaliado.

### 3.1 Fator de impacto

O índice h5 fornecido pelo Google Acadêmico refere-se a um conjunto h de artigos de um periódico que tenha no mínimo h citações cada. A mediana h5 é a média de citações entre os artigos presentes no h5. De acordo o Google Acadêmico, os periódicos do portfólio apresentam a seguinte classificação, conforme Tabela 1:

**Tabela 1-** Periódicos que Apresentaram Fator de Impacto h5 e seus Respectivos Índices

Publicação	Índice h5	Mediana h5
Construction and Building Materials	64	77
Environmental technology	25	34
IOP Conference Series: Materials Science and Engineering	15	20

Fonte: Autores (2016).

Segundo essa classificação, o periódico de maior impacto é o “Construction and Building Materials e o de menor impacto “*IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*”.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) utiliza um sistema de classificação dos periódicos científicos seguindo critérios previamente estabelecidos por cada área e aprovados pelo Conselho Técnico-Científico da Educação Superior (CTC-ES). A classificação divide as publicações em grupos sendo A1, o mais elevado; A2; B1; B2; B3; B4; B5 e C com peso zero (CAPES, 2014). Segundo o evento de classificação Qualis 2014, os periódicos do portfólio apresentam a seguinte classificação, conforme Tabela 2:

**Tabela 2** - Periódicos que Apresentaram Fator de Impacto Qualis e seus Respectivos Índices

Publicação	Classificação
<i>Construction and Building Materials</i>	A1

<i>Environmental technology</i>	A1
<i>IOP Conference Series: Materials Science and Engineering</i>	B5

Fonte: Autores (2016).

A classificação realizada pelo Google Acadêmico é confirmada pela plataforma da CAPES, uma vez que os periódicos com maior e menor impacto foram os mesmos.

Na base *Scopus*, o indicador utilizado é denominado *SCImago Journal Rank* (SJR). Este índice de métricas de prestígio pondera citações pela qualidade do periódico da citação e permite comparação entre diferentes áreas (SCOPUS, 2015). De acordo com o ranking de 2015, as publicações do portfólio de artigos têm a seguinte classificação, conforme Tabela 3:

**Tabela 3** - Periódicos que Apresentaram Fator de Impacto SJR e seus Respectivos Índices

<b>Publicação</b>	<b>SJR</b>
Construction and Building Materials	1,606
Environmental technology	0,640
IOP Conference Series: Materials Science and Engineering	0,156

Fonte: Autores (2016).

A classificação da base *Scopus*, mais uma vez, confirma as classificações anteriores.

### 3.2 Reconhecimento científico

O reconhecimento científico do portfólio foi realizado contabilizando o número de citações que cada artigo possuía através do Google Acadêmico. O resultado pode ser verificado na Tabela 4.

**Tabela 4** – Número de citações dos artigos do portfólio.

<b>Título</b>	<b>Ano</b>	<b>Citação</b>
<i>Feasibility of manufacturing geopolymers bricks using circulating</i>	2012	11



<i>fluidized bed combustion bottom ash</i>		
<i>Mechanical characterisation of dry-stack masonry made of CEBs stabilized with alkaline activation</i>	2015	4
<i>CEBs stabilised with geopolymeric binders: mechanical performance of dry-stack masonry</i>	2015	0
<i>Ambient Cured Alkali Activated Flyash Masonry Units</i>	2016	0

Fonte: Autores (2016).

As lentes, ou seja, os critérios definidos pelos autores para identificar possíveis lacunas nas pesquisas anteriores estão presentes na Tabela 5.

**Tabela 5** - Lentes de pesquisa

<b>Número</b>	<b>Lente</b>	<b>O que busca</b>
1	Cálcio	Algum artigo utiliza uma cinza rica em cálcio para a confecção dos tijolos?
2	Rejeito de mineração	Resíduos como o rejeito de mineração são utilizados para fabricação dos blocos?
3	Empacotamento de partículas	O empacotamento de partículas foi considerado?
4	Cura	Como foi feita a cura dos blocos?
5	Lixiviação	O ensaio de lixiviação dos blocos prontos foi realizado?

Fonte: Autores (2016).

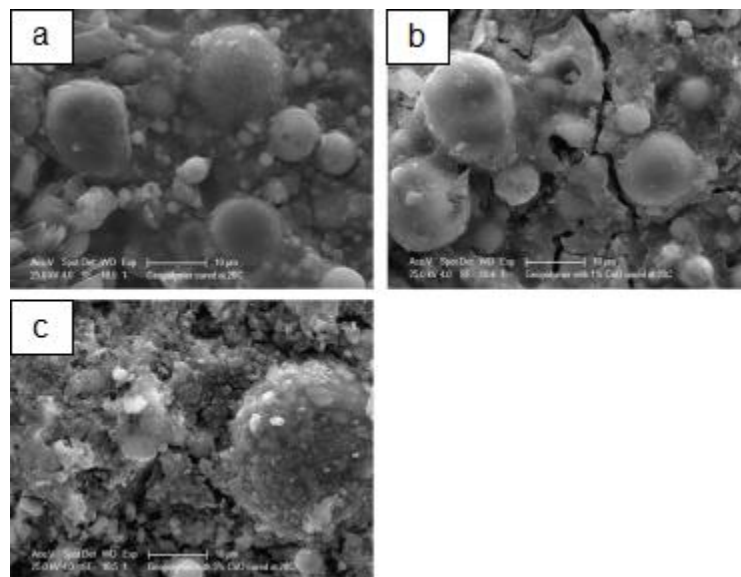
### 3.3 Cálcio

Temujin et al. (2009) estudaram o efeito de compostos de cálcio presentes em cinzas volantes nas características mecânicas de geopolímeros e concluíram que eles têm efeito positivo quando as amostras são curadas à temperatura ambiente. Entretanto existe uma redução da resistência à compressão quando as amostras são curadas a 70°C; uma vez que, nessas condições de cura, apresentam menor densidade e maior

porosidade, pois a água presente na matriz geopolimérica evapora mais rapidamente com a cura em temperaturas mais elevadas.

A presença de óxido de cálcio favorece a microestrutura mais homogênea se comparada com misturas sem cálcio, em que se nota a presença de esferas de cinzas volantes parcialmente reagidas, conforme Figura 1, em que (a) não há presença de cálcio, (b) adição de 1% de CaO, (c) adição 3% de CaO . O aumento do teor de cálcio reflete em uma microestrutura mais compactada e com presença de cristais menores, o que indica que o CaO age como um elemento precipitador. Temuujin *et al.* (2009) também destacam que a presença de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  é mais benéfica que CaO em termos de resistência à compressão, concluindo que o  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  é o constituinte reativo em misturas geopoliméricas, uma vez que a hidratação incompleta do CaO em meio alcalino para formação de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  resulta em resistências à compressão cerca de 20% inferiores.

**Figura 1** – Microscopia eletrônica de varredura do geopolímero curado a temperatura ambiente



Fonte: Temuujin *et al.* (2009).

Cristelo *et al.* (2012), utilizando um solo com alto teor de carbonato de cálcio oriundo da região da Leiria em Portugal, compararam a resistência à compressão de amostras contendo cinzas do tipo C (com alto teor de cálcio) e do tipo F (com teor de cálcio inferior a 5%). Após uma semana de cura, as misturas com 20% de cinzas do tipo

C apresentaram resistência à compressão superior às misturas com 20% de cinza do tipo F; entretanto, ao final da 12ª semana, as misturas com 20% de cinza do tipo F apresentaram resistência à compressão 190% maiores do que as de cinza do tipo C.

Winnefeld *et al.* (2010), em seu estudo comparando a viabilidade de materiais cimentícios utilizando cinzas com alto e baixo teor de cálcio, concluíram que a fase amorfa é mais presente em cinzas com baixo teor de cálcio, o que favorece sua reatividade. Foi observada também uma rápida perda de trabalhabilidade acompanhada de um aumento de temperatura nas argamassas com alto teor de cálcio devido à reação precoce da cal livre presente na cinza. Dessa forma, para melhorar a trabalhabilidade da pasta, foi necessário o aumento da relação água/ativador, implicando em um aumento da porosidade da argamassa e redução da resistência à compressão. Sendo assim, cinzas com alto teor de cálcio não foram consideradas como melhor alternativa para produção de materiais cimentícios

Van Jaarsveld *et al.* (2003), utilizando em seu trabalho cinzas volantes com presença de cálcio, verificou resistências até 150 vezes maiores no estado fresco do concreto devido ao tamanho das partículas que permite sua melhor trabalhabilidade e, posteriormente, no estado endurecido devido a formação de cálcio hidratado e outros compostos de cálcio.

Nenhum artigo presente no portfólio apresentou níveis de cálcio significativo, sendo a sílica o principal constituinte das cinzas nos artigos analisados. A porcentagem de cálcio contida na cinza utilizada por Chen *et al.* (2012) foi apenas de 2,1%. Venugopal e Sasalatti (2016) classificam a cinza empregada no trabalho como de “baixo cálcio”. Silva R.A. *et al.* (2015) e Silva R. A. *et al.* (2015) utilizaram a mesma cinza e puderam verificar que, na composição química da cinza, o cálcio representa apenas 3,9% de sua constituição. Sendo assim, surge uma oportunidade para mais estudos relativos a cinzas com maior concentração de cálcio.

### **3.4 Rejeito de mineração**

O rejeito de mineração é disposto usualmente em forma de barragens (PAPPU *et al.*, 2007; BASTOS *et al.*, 2016). As barragens, por sua vez, apresentam grande impacto na sua implementação devido ao grande volume e podem causar impactos sociais e

ambientais, caso ocorra sua ruptura (PASSOS *et al.*, 2017). Barragens são projetadas para apresentarem uma vida útil indeterminada; entretanto, nas últimas décadas, ocorreram acidentes que devastaram ecossistemas e vitimaram centenas de espécies (AIRES *et al.*, 2018). Além disso, rejeitos de mineração são geralmente relacionados a altas concentrações de metais pesados (JUWARKAR e JAMBHULKAR, 2008), redução da matéria orgânica e nutrientes (LANGE *et al.*, 2012), acidificação devido à elevação do pH (CHATURVEDI *et al.*, 2014), diminuição da permeabilidade (MOUAZEN *et al.*, 2014), aumento da densidade (SAKAI *et al.*, 2008) e aumento da salinidade (LI *et al.*, 2014) do solo.

Em contraponto, existe a indústria da construção civil que detém alto potencial de incorporação dos resíduos reduzindo os impactos ambientais causados pelas atividades industriais e aproximando o setor do conceito de desenvolvimento sustentável (ÂNGULO *et al.*, 2001). Ramirio *et al.* (2008) compararam o rejeito da mineração de quartzito com outros agregados utilizados comercialmente obtendo resultados satisfatórios para os ensaios realizados. Silva *et al.* (2008) estudaram a substituição de parte do cimento por rejeito de calcário para confecção de argamassas. Os resultados obtidos apresentaram uma boa atividade pozolânica quando da substituição do cimento pelo calcário em proporções entre 15% e 20% do peso do cimento.

Entre os artigos do portfólio, nenhum utilizou rejeito de mineração para a confecção dos blocos. Chen *et al.* (2012) e Venugopal e Sasalatti (2016) produziram uma argamassa, contendo a cinza e o ativador alcalino. Apenas Silva *et al.* (2015) e Silva *et al.* (2015) utilizaram o solo local para a produção do bloco; contudo, ainda não é um reaproveitamento de um resíduo do setor industrial. Dessa forma, encontrou-se uma oportunidade em empregar o rejeito de mineração como matéria-prima para os blocos em futuros trabalhos.

### **3.5 Empacotamento de partículas**

O conceito de empacotamento de partículas está relacionado com o melhor desempenho dos materiais cimentícios (CASTRO e PANDOLFELLI, 2009; TEIXEIRA e CORDON, 2013). O estudo do empacotamento de partículas pode ser

entendido como a seleção da melhor proporção e tamanho do material particulado de forma que os vazios sejam preenchidos por partículas menores (OLIVEIRA *et al.*, 2000). O empacotamento de partículas auxilia o desempenho dos materiais, uma vez que está relacionado com a porosidade final, seja pela demanda de água necessária ou distribuição granulométrica.

Nenhum dos artigos selecionados discutiu este conceito, contudo, sob o ponto de vista dos autores, este conceito apresenta relevância, uma vez que influencia no desempenho do material. Sendo assim, apresenta-se como oportunidade de pesquisa o estudo do conceito de empacotamento para trabalhos futuros.

### **3.6 Cura**

Em relação a cura dos materiais alcalinamente ativados, a temperatura foi relatada como fator contribuinte para seu aumento da resistência. Brough e Atkinson (2002), estudando escórias ativadas com silicato de sódio, obtiveram resistências similares para corpos de prova curados à 80°C durante 12 horas e em temperatura ambiente durante 28 dias. Para Bakhrev (2005), a temperatura é um importante fator para ativação de cinzas volantes, pois possuem uma barreira de ativação que deve ser superada para que as reações se iniciem.

Entre os artigos do portfólio, nenhum utilizou algum tratamento especial em relação a temperatura de cura. Chen *et al.* (2012) utilizou a cura úmida para seu material. Silva *et al.* (2015) realizaram a cura com 52% de umidade e os demais trabalhos não utilizaram nenhum tratamento especial na cura que ocorreu nas condições ambientais.

### **3.7 Lixiviação**

Lixiviação, segundo a NBR 10005 (ABNT, 2004), é a capacidade de transferência de substâncias orgânicas ou inorgânicas presentes nos resíduos sólidos por meio de dissolução para o meio extrator. Tendo em vista que o trabalho irá utilizar resíduos sólidos para a confecção dos tijolos e que os tijolos podem vir a ser utilizados

em habitações de interesse social, é necessário realizar esse ensaio para garantir a segurança dos consumidores que irão usufruir do material.

Dentro do portfólio de artigos, nenhum trabalho apresentou esse ensaio para caracterizar o tijolo; dessa forma, nota-se uma lacuna nos trabalhos anteriores e, portanto, uma oportunidade para novas pesquisas.

#### 4 CONCLUSÃO

A presente pesquisa buscou fazer uma investigação sobre publicações relevantes e atuais sobre blocos de terra comprida com adição de cinzas orgânicas e ativação alcalina. A seleção dos artigos se baseou na combinação de quatro palavras-chave: “*compressedearthblock*”, “*ash*”, “*alkaline activation*” e “*properties*”. A busca foi realizada através do software “*Publish or Perish*” que utiliza a base de dados do Google Acadêmico. O tempo amostral utilizado na pesquisa foi de 10 anos; portanto, apenas publicações a partir de 2006 constam nesse portfólio. A busca retornou um total de 1000 artigos que, após filtragem, resultaram em 4 artigos para composição do portfólio bibliográfico.

A análise bibliométrica permitiu destacar o periódico “*Construction na BuildingMaterials*” como o mais relevante entre os do portfólio. Já entre os artigos, aquele que apresenta maior reconhecimento científico é o “*Feasibility of manufacturing geopolymer bricks using circulating fluidized bed combustion bottom ash*”.

Em relação a análise sistêmica, pode-se notar algumas lacunas nas pesquisas realizadas e, a partir disso, evidenciar oportunidades para futuros trabalhos. A falta de pesquisas utilizando cinzas com alta concentração de cálcio, por exemplo, é um ponto fraco identificado que pode explorado pela comunidade científica. Além disso, podemos citar a lixiviação como um fator importante para a utilização de resíduos em materiais de construção que também não foi abordado em nenhum artigo, mesmo todos utilizando as cinzas como precursor para o bloco. A utilização do rejeito de mineração também se mostra como uma boa alternativa para questão da disposição do material e muitas pesquisas ainda podem ser feitas para avaliar os benefícios da incorporação deste tipo de material nos elementos da construção civil. A cura e o empacotamento de partículas, apesar de serem assuntos exaustivamente pesquisados no setor dos materiais da

engenharia civil, não foram empregados nos artigos pesquisados. Estima-se que estes conceitos não foram utilizados devido ao maior gasto de energia necessário para realização da cura a maiores temperaturas e, no caso do empacotamento de partículas, devido aos materiais utilizados para a confecção dos blocos ,uma vez que a maioria dos trabalhos produziu apenas uma argamassa sem a utilização do solo.

## 5 REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 10005** Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos Rio de Janeiro 2004.

AIRES, U. R. V. et al. Changes in land use and land cover as a result of the failure of a mining tailings dam in Mariana, MG, Brazil. **Land use policy**, v. 70, p. 63-70, 2018. ISSN 0264-8377.

ÂNGULO, S. C.; ZORDAN, S. E.; JOHN, V. M. Desenvolvimento sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil. IV Seminário Desenvolvimento sustentável e a Reciclagem na construção-civil materiais, 2001, São Paulo.

BAKHAREV, T. Geopolymeric materials prepared using Class F fly ash and elevated temperature curing. **Cement and Concrete Research**, v. 35, n. 6, p. 1224-1232, 2005. ISSN 0008-8846.

BASTOS, L. A. D. C. et al. Using iron ore tailings from tailing dams as road material. **Journal of Materials in Civil Engineering**, v. 28, n. 10, p. 04016102, 2016. ISSN 0899-1561.

BROUGH, A.; ATKINSON, A. Sodium silicate-based, alkali-activated slag mortars: Part I. Strength, hydration and microstructure. **Cement and Concrete Research**, v. 32, n. 6, p. 865-879, 2002. ISSN 0008-8846.

CAPES, F. Classificação da produção Intelectual. 2014. Disponível em: <<http://www.capes.gov.br/avaliacao/instrumentos-de-apoio/classificacao-da-producao-intelectual>>.

CASTRO, A. D.; PANDOLFELLI, V. Revisão: Conceitos de dispersão e empacotamento de partículas para a produção de concretos especiais aplicados na construção civil. **Cerâmica**, v. 55, n. 333, p. 18-32, 2009.

CHATURVEDI, N.; AHMED, M. J.; DHAL, N. K. Effects of iron ore tailings on growth and physiological activities of *Tagetes patula* L. **Journal of soils and sediments**, v. 14, n. 4, p. 721-730, 2014. ISSN 1439-0108.

CHEN, C. et al. Feasibility of manufacturing geopolymer bricks using circulating fluidized bed combustion bottom ash. **Environmental technology**, 2012. Disponível em: < <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09593330.2011.626797> >.

CRISTELO, N. et al. Effect of calcium content on soil stabilisation with alkaline activation. **Construction and Building Materials**, v. 29, p. 167-174, 2012. ISSN 0950-0618.

DEPOI, F. S.; POZEBON, D.; KALKREUTH, W. D. Chemical characterization of feed coals and combustion-by-products from Brazilian power plants. **International Journal of Coal Geology**, v. 76, n. 3, p. 227-236, 2008. ISSN 0166-5162.

ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R.; DE MORAES PINTO, H. Processo de investigação e Análise bibliométrica: Avaliação da Qualidade dos Serviços Bancários. **RAC-Revista de Administração Contemporânea**, v. 17, n. 3, p. 325-349, 2013. ISSN 1415-6555.

ENSSLIN, L.; LACERDA, R.; TASCA, J. ProKnow-C, Knowledge Development Process—Constructivist: processo técnico com patente de registro pendente junto ao INPI. **Brasil:[sn]**, 2010.

JUWARKAR, A. A.; JAMBHULKAR, H. P. Phytoremediation of coal mine spoil dump through integrated biotechnological approach. **Bioresource Technology**, v. 99, n. 11, p. 4732-4741, 2008. ISSN 0960-8524.

LANGE, C. A. et al. Effects of different soil ameliorants on karee trees (*searsia lancea*) growing on mine tailings dump soil—part i: pot trials. **International journal of phytoremediation**, v. 14, n. 9, p. 908-924, 2012. ISSN 1522-6514.

LI, X. et al. Understanding the salinity issue of coal mine spoils in the context of salt cycle. **Environmental geochemistry and health**, v. 36, n. 3, p. 453-465, 2014. ISSN 0269-4042.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concrete: microstructure, properties, and materials**. 2008. (0071462899)

MINKE, G. **Building with earth: design and technology of a sustainable architecture**. Walter de Gruyter, 2012. ISBN 3034608721.

MOUAZEN, A. M. et al. Multiple on-line soil sensors and data fusion approach for delineation of water holding capacity zones for site specific irrigation. **Soil and Tillage Research**, v. 143, p. 95-105, 2014. ISSN 0167-1987.

NEVES, C.; FARIA, O. B. Técnicas de construção com terra. **Bauru, SP: FEB-UNESP/PROTERRA.**, v. 14, n. 08, p. 2013, 2011.

OLIVEIRA, I. R. et al. Dispersão e empacotamento de partículas: princípios e aplicações em processamento cerâmico. **Fazendo arte editorial**, v. 224, p. 119-137, 2000.



PAPPU, A.; SAXENA, M.; ASOLEKAR, S. R. Solid wastes generation in India and their recycling potential in building materials. **Building and environment**, v. 42, n. 6, p. 2311-2320, 2007. ISSN 0360-1323.

PASSOS, F. L.; COELHO, P.; DIAS, A. (Des) territórios da mineração: planejamento territorial a partir do rompimento em Mariana, MG. **Cadernos Metr pole**, v. 19, n. 38, p. 269-297, 2017. ISSN 1517-2422.

PASSOS, M. E. M.; LIMA, S. M. Z.; SANTOS, F. A. **Utiliza o de tijolos solocimento na constru o de casas populares: treinamento de mão de obra e resultados**. XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produ o, 2001, Campinas-SP.

POZZOBON, C. E. Aplica es tecnológicas para a cinza do carvão mineral produzida no Complexo Termelétrico Jorge Lacerda. 1999.

PRESOTTI, E. D. S. **Influência do teor de ferro nos parâmetros de resistência de um rejeito de minério de ferro**. 2002. (Disserta o). Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.

RAMIRIO, R. F. et al. Estudo comparativo de rejeitos de quartzito com outros agregados comercialmente utilizados como materiais de constru o no Sudoeste de Minas Gerais. **Ciência et Praxis**, v. 1, n. 1, p. 25-32, 2008. ISSN 1983-912X.

SAKAI, H. et al. Soil compaction on forest soils from different kinds of tires and tracks and possibility of accurate estimate. **Croatian Journal of Forest Engineering: Journal for Theory and Application of Forestry Engineering**, v. 29, n. 1, p. 15-27, 2008. ISSN 1845-5719.

SCOPUS. Guia de referência rápida. 2015.

SILVA, A. D. A. D. et al. Aproveitamento de rejeito de calcário do Cariri Cearense na formula o de argamassa. **Estudos Geol gicos**, v. 18, n. 1, p. 89, 2008.

SILVA, R. et al. CEBs stabilised with geopolymeric binders: mechanical performance of dry-stack masonry. **WASCON 2015**, 2015. Disponível em: < <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/38232> >.

SILVA, R. et al. Mechanical characterisation of dry-stack masonry made of CEBs stabilised with alkaline activation. **Construction and Building Materials**, 2015. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061814012501> >.

SILVA, R. A. et al. Mechanical characterisation of dry-stack masonry made of CEBs stabilised with alkaline activation. **Construction and Building Materials**, v. 75, p. 349-358, 2015. ISSN 0950-0618.

SILVA, R. A. et al. CEBs stabilised with geopolymeric binders: mechanical performance of dry-stack masonry. **WASCON 2015-9th International Conference on the Environmental and Technical Implications of Construction with Alternative Materials**, 2015. p.1-6.

TEIXEIRA, C. S.; CORDON, H. C. F. Estudo da influência do empacotamento de partículas nas propriedades do concreto. **Anais do 5º Seminário Mauá de Iniciação Científica**, 2013.

TEMUJIN, J. V.; VAN RIESSEN, A.; WILLIAMS, R. Influence of calcium compounds on the mechanical properties of fly ash geopolymer pastes. **Journal of hazardous materials**, v. 167, n. 1, p. 82-88, 2009. ISSN 0304-3894.

TORGAL, F. P.; JALALI, S. **A sustentabilidade dos materiais de construção**. 2010. ISSN 9728600224.

VAN JAARSVELD, J.; VAN DEVENTER, J.; LUKEY, G. The characterisation of source materials in fly ash-based geopolymers. **Materials Letters**, v. 57, n. 7, p. 1272-1280, 2003. ISSN 0167-577X.

VENUGOPAL, K.; SASALATTI, V. Ambient Cured Alkali Activated Flyash Masonry Units. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, 2016. Disponível em: < <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/149/1/012073/meta> >.

WINNEFELD, F. et al. Assessment of phase formation in alkali activated low and high calcium fly ashes in building materials. **Construction and building materials**, v. 24, n. 6, p. 1086-1093, 2010. ISSN 0950-0618.

WOLFF, A. P. **Caracterização de rejeitos de minério de ferro de minas da Vale**. 2009. Dissertação (Mestrado). Engenharia de Minas, Universidade Federal de Minas Gerais, Ouro Preto-MG.