

## UTILIZAÇÃO DE SUBPRODUTOS DE EFLUENTES TRATADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

**Ícaro Cotrim Teixeira da Silva**

Graduando-Engenharia Civil.  
icarocotrim@hotmail.com

**Victor Clóvis Barros Bastos**

Graduando-Engenharia Civil.  
victorclovisb@hotmail.com

**Adriana Xavier Alberico Ruas**

Docente Orientador – Engenharia Civil.  
adriana.alberico@gmail.com

### RESUMO

Este trabalho teve o objetivo de trazer um estudo experimental da incorporação de lodo em blocos cerâmicos de vedação, sendo que o lodo é gerado nas estações de tratamento de efluentes de uma indústria têxtil, do município de Montes Claros-MG, em um processo de estabilização/solidificação, com o intuito de avaliar suas características físico-mecânicas com corpos de prova nas proporções de 10%, 20% e 30% de adição em relação ao total da massa, confrontando com o corpo de prova com 0% do aditivo em estudo e verificar se atendem ao requisito mínimo de resistência a compressão e índice de absorção de água exigida por norma. Os testes foram feitos em prensa mecânica digital computadorizada em triplicata para cada protótipo criado e para o convencional, observou-se que os resultados foram satisfatórios quanto aos protótipos de 10% e 20%, enquanto o de 30% apresentou resultado fora do estipulado como adequado pela norma ABNT NBR 15270-3/2005. Há uma queda de desempenho à medida que o lodo aumenta em proporção à quantidade de argila na composição do bloco. Conclui-se diante dos resultados obtidos que a inserção de lodo é satisfatória por atender aos requisitos da norma vigente, além de promover ganhos ambientais.

**Palavras-chave:** Resíduo Sólido; Indústria Têxtil; Bloco Cerâmico; Estabilização/Solidificação.

## ABSTRACT

This work aimed to bring an experimental study of sludge's incorporation in ceramic sealing blocks, being that sludge is generated in effluent treatment stations of a textile factory in the municipality of Montes Claro-MG, in a process of stabilization / solidification, in order to evaluate its physical and mechanical characteristics with test bodies in proportions of 10%, 20% and 30% added in relation to total mass, confronting with the specimen with 0% of the additive under study and to verify if meet the minimum requirements of resistance to compression and water absorption rate required by the standard. The tests were done in computerized digital mechanical press in triplicate for each prototype created and for the conventional one, it was observed that the results were satisfactory as the prototypes of 10% and 20%, while 30% had a result over time as appropriate by the standard ABNT NBR15270-3/2005. There is a loss of performance as sludge increases in proportion to the amount of clay in the composition of the block. It is concluded that the results that the sludge insert is satisfactory for meeting the requirements of current regulations as well as promoting environmental gains.

**Keywords:** Solid Waste; Textile Industry; Ceramic Block; Stabilization/Solidification.

## 1 INTRODUÇÃO

Nos tempos atuais, uma das maiores dificuldades, conforme as empresas de saneamento estão enfrentando, é a procura por formas alternativas para a destinação final do lodo gerado nas Estações de Tratamento de Água (ETA) sob os aspectos: econômico, técnico e ambiental. Este resíduo sólido (ABNT NBR 10004, 2004) é gerado pelo procedimento de transformação de água bruta, resgatada principalmente de rios e reservatórios, em água potável para consumo humano (BITTENCOURT et al., 2012). Com o grande crescimento urbano também é notado um aumento da geração de resíduos dos mais diversos tipos, principalmente industriais, que variam entre diferentes categorias como cinza, óleo, resíduos alcalinos ou ácidos, lodo, plástico, papel, madeira, borracha, metais, escórias, vidro e outros que, com o avanço tecnológico, vêm trazendo um crescente índice de agressão ao meio ambiente, atingindo fauna, flora, solo, ar e corpos hídricos, quando não tratados ou dispensados adequadamente (NAUMOFF; PERES, 2000 apud LUCAS; BENATTI, 2008).

As indústrias vêm sendo pressionadas pela legislação ambiental a buscarem alternativas para a utilização dos resíduos sólidos, gerados em resultados de procedimentos realizados nas mesmas pela produção dos seus materiais, através da utilização do lodo em melhoria dos processos produtivos e em pesquisas

alternem da disposição final em aterros industriais, visando reduzir os impactos ambientais gerados pela destinação do lodo das estações de tratamento de esgoto (ETE) em aterros. Algumas ações vêm sendo tomadas para a redução da geração de resíduos, sendo na otimização dos processos produtivos e métodos alternativos de destinação final em aterros industriais (BREHM et al., 2013).

Segundo Castro (2010), os tipos de tratamentos ou disposição finais mais empregados e que garantem uma minimização dos diversos impactos gerados pelos resíduos sólidos são, secagem e desidratação de lodos, incineração, disposição em aterros industriais, compostagem e estabilização/solidificação.

No caso dos lodos retirados da produção em lavanderias industriais, o processo de tratamento que envolve estabilização/solidificação (E/S), no qual faz um embasamento em um pré-tratamento que gera uma massa sólida monolítica de resíduo tratado, através do qual os constituintes perigosos de um resíduo são transformados e armazenados em formas menos solúveis ou menos tóxicas, mostra-se como uma alternativa viável, por ter a característica em sua propriedade de reter os contaminantes em uma matriz sólida (CASTRO, 2010).

A estabilização/solidificação (E/S) de resíduos sólidos é uma técnica empregada para o tratamento e disposição destes e consiste em imobilizar o resíduo dentro de uma matriz solidificada, com grande integridade estrutural, que garanta que o resíduo permaneça fixo mecanicamente em sua microestrutura, podendo ou não ocorrer uma interação química (PINTO, 2005 apud BREHM et al., 2013, p.16). A matriz deve apresentar boa resistência mecânica, estabilidade química e física, e boa resistência a temperaturas elevadas (CASTRO, 2010 apud BREHM et al., 2013, p. 16).

No procedimento E/S, conforme a ideia de Brehm et al. (2013), normalmente são empregados aglomerantes com ação solidificadora, como cimento Portland, cal, asfalto, polímero, cimento-polímero, cinza volante e escória de alto forno granulada, sendo o mais utilizado entre estes, o cimento Portland, pelo fato de suas reações químicas serem ativadas apenas com o acréscimo de água (processo de hidratação), à temperatura ambiente e sua pega (endurecimento), que gera uma microestrutura sólida, começa a ocorrer em algumas horas. A durabilidade do processo de encapsulamento e resistência da matriz de cimento Portland dependem da quantidade de água adicionada, outro fator que pode alterar essas características é a quantidade de resíduos a ser adicionados ao cimento/concreto, a qualidade do cimento e o ambiente a ser feito o processo, entre outros fatores.

A produção de cimento é um dos maiores contribuintes para as emissões globais de carbono (Huntzinger&Eatmon, 2009 apud RESENDE; BEZERRA; GOUVEIA, 2012, p.170). Atualmente, com o aumento da pressão para se reduzir a poluição ambiental, a indústria de cimento começou a adotar uma série de métodos para alcançar essas metas (Zhang & Wang, 2010 apud RESENDE; BEZERRA; GOUVEIA, 2012, p.170).

Lodos de estações de tratamento de água (ETA) já foram estudados como adição em compósitos cimentícios, sejam argamassas ou concretos (Sales et al., 2010; Sales et al., 2011; Sales & Souza, 2009 apud RESENDE; BEZERRA; GOUVEIA, 2012, p.170). Já existem várias pesquisas sobre a utilização de lodo de ETA ou de ETE incinerado como adição mineral em compósitos cimentícios (Chen et al., 2011; Fontes, 2003; Geyer, 2001 apud RESENDE; BEZERRA; GOUVEIA, 2012, p.170).

Outro aglomerante com grande capacidade de absorver os poluentes das ETA's ou ETE's e com grande crescimento industrial é a cerâmica vermelha, proveniente das massas argilosas que tem características heterogêneas e apresentarem ainda variação física, química e mineralógica (OLIVEIRA; MACHADO; HOLANDA, 2003 apud HEREK; BERGAMASCO; TAVARES, 2010) que segundo Medeiros (2010) são adequados para a adição de resíduos como, chamote, vidro, pó de rocha e outros, para a produção de artefatos, tijolos e blocos.

A utilização de argila como material solidificante vem gerando mais interesse entre os estudiosos da área desde que se constatou que os processos clássicos à base de cimento e cal não tinham eficiência adequada quando incorporados resíduos com grande teor de matéria orgânica (VIEIRA et al., 2007 apud HEREK; BERGAMASCO; TAVARES, 2010).

Constituindo o setor da construção civil como um dos que mais utilizam recursos naturais não renováveis como matéria prima, a utilização de subprodutos do lodo de estações de tratamento não significa apenas a proteção ambiental nas esferas que tangem o tratamento e/ou disposição final de resíduos, mas também na redução da extração dos recursos (BREHM et al., 2013), atingindo uma redução de até 20% em caso de blocos cerâmicos de vedação com adição de resíduos sólidos e mantendo ainda características mínimas necessárias adotadas pelas normas vigentes (HEREK; BERGAMASCO; TAVARES, 2010).

A eficácia do bloco deve ser testada a partir de ensaios definidos por normas, onde as principais características físicas e mecânicas a serem determinadas para estes tipos de elementos são a resistência à compressão e o índice de absorção de água.

Segundo especificações, os blocos cerâmicos com furos na horizontal devem atender a solicitações de compressão mínima de 1,5 MPa e para furos na vertical no mínimo 3 MPa e seu índice de absorção de água devendo estar entre 8% e 22% (NBR 15270-1/2005). As tensões uniaxiais podem variar entre tração, compressão, ou cisalhamento, mas todas respeitam uma forma geral que se define pela razão entre a força solicitante e a área da seção transversal que receberá a força (BOTELHO, 2008).

Após termos descrito o lodo no qual é gerado nas ETE's dos mais diversos setores industriais e nas ETA's, e vêm sendo estudado e com isso criando alternativas para destinação do lodo na utilização na construção civil, esse trabalho verificou a eficiência/resistência de blocos cerâmicos com adição de lodo tratado gerado na indústria têxtil em estado sólido na proporção de 10%, 20% e 30%, em relação ao peso do bloco, fazendo um estudo comparativo ao bloco convencional.

## **2 METODOLOGIA PROPOSTA**

### **2.1 Caracterizações do Estudo**

Segundo Marconi e Lakatos(2003) pesquisa de campo é aquela utilizada com o intuito de conseguir informações e/ou conhecimentos a respeito de um problema, para o qual se procura uma solução, ou de uma hipótese, que se queira comprovar, ou, ainda, descobrir novos fenômenos ou as relações entre eles.

As informações foram recolhidas em uma empresa de fabricação de blocos cerâmicos de Montes Claros no intuito de coletar a maior quantidade de dados a respeito da sua fabricação, temperatura que é levado para queima, o tempo de queima, sua resistência por norma, além de visitar outras empresas que tem o lodo no final dos seus processos produtivos para podermos questionar como esse material é recolhido, tratado, descartado e qual o local de descarte.

“A essência de um estudo de caso, a tendência central entre todos os tipos de estudo de caso, é que ele tenta iluminar uma decisão ou um conjunto de decisões: por que elas são tomadas, como elas são implementadas e com que resultado” (SCHRAMM, 1971, apud YIN, 2001, p. 31).

Através de um estudo de caso chegou-se a uma conclusão se realmente é satisfatório o uso de lodo nos blocos cerâmicos ou não, fazendo um modelo comparativo.

Estudos exploratórios são investigações de pesquisa empírica pelo qual o objetivo principal é a formulação de questões ou de um problema, com tripla finalidade: desenvolver hipóteses, aumentar a familiaridade do pesquisador com um ambiente, fato ou fenômeno, para a realização de uma pesquisa futura mais precisa ou modificar e clarear conceitos. (MARCONI; LAKATOS. 2003).

O presente trabalho formulou o problema sobre a utilização do lodo em blocos cerâmicos, investigar e explorar o ambiente e adquirir conhecimentos mais profundos sobre os dois materiais escolhidos para realizar a pesquisa.

Segundo Marconi e Lakatos(2003) pesquisas experimentais consistem em investigações de pesquisa empírica cujo objetivo principal é o teste de hipóteses que dizem respeito a relações de tipo causa-efeito. Todos os estudos desse tipo utilizam projetos experimentais que incluem os seguintes fatores: grupos de controle, seleção da amostra por técnica probabilística e manipulação das variáveis independentes com a finalidade de controlar ao máximo os fatores pertinentes.

Em laboratório foram produzidos blocos de cerâmica com adição de lodo em seu estado sólido e tratado para comprovar cientificamente se a hipótese dele ser mais resistente do que o bloco cerâmico normal é verdadeira ou se pelo menos atende aos requisitos mínimos exigido pelas normas.

Segundo Gerhardte Silveira (2009) pesquisa aplicada “Objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos. Envolve verdades e interesses locais”.

A partir dos resultados obtidos foi feito uma resposta a empresa que cedeu o lodo para a pesquisa mostrando os resultados encontrados e proporcionando melhorias para ela, mostrando uma solução ao problema da despesa do lodo no meio ambiente.

## **2.2 Amostra**

### **2.2.1 Critérios de Inclusão:**

Foi retirada amostra de processos de tratamento de efluentes que geram resíduos sólidos de em empresa do seguimento têxtil no município mineiro de Montes Claros.

Foi utilizada amostra de fornecedor de blocos cerâmicos, onde foram feitas comparação através das normas técnicas de fabricação e resistência dos blocos ditos convencionais e blocos com adição de lodo tratado.

Após a preparação dos blocos cerâmicos de vedação, eles passam por testes mecanicamente, avaliando suas características mecânicas de acordo com a proporção de resíduos adicionados. O método de ensaio passou-se por teste de compressão em prensa mecânica e ainda por testes de absorção de água, todos seguindo as normas vigentes. Com as amostras resultantes dos testes e as produzidas sem a utilização do lodo em sua composição física, foram feitas análises comparativas para podermos comprovar se o lodo utilizado melhora, piora ou não influencia em nada no final do processo para ser utilizado nas áreas da construção civil.

### **2.2.2 Critérios de Exclusão:**

Os demais testes prescritos nas normas de resistências que não foram realizados durante o procedimento da pesquisa também foram excluídos, juntos com os demais blocos de concreto, canaletas, etc., e outros tipos de materiais/estruturas mais utilizados na construção civil no qual não fazem parte desse projeto.

### **2.3 Instrumentos**

Nessa pesquisa de campo, utilizou-se registros das informações para a coleta de dados de forma escrita e digital (impressa e fotos).

### **2.4 Procedimentos**

No levantamento bibliográfico foram selecionados para embasamento do tema artigos voltados para a área de saneamento básico, focados em reaproveitamento dos resíduos sólidos gerados em indústrias com incorporação em blocos cerâmicos, que apresentam palavras chaves como, sustentabilidade, lodo,

resíduos sólidos e blocos cerâmicos, estabilização/solidificação e que foram publicados em revistas com classificação a partir de B3.

Os efluentes líquidos gerados passam por uma série de processos que envolvem tratamento físico, químico e biológico, para que o efluente final apresente as condições mínimas exigidas pelos órgãos ambientais, para que possam ser lançados em corpos hídricos. É nestas etapas de tratamento que se obtém o lodo (CASTRO, 2010).

Foi feito o acompanhamento do tratamento do lodo, passando pela sua coleta, ficando assim no seu estado sólido, com um teor de 10% de umidade, onde a partir desse estágio o resíduo sólido estava apto a ser utilizado na composição do bloco cerâmico.

O processo de fabricação do bloco cerâmico se deu a partir da coleta da massa argilosa, que é depositada em esteiras rolantes e passa por processos de trituração, umidificação para obter consistência favorável a extrusão, que foi submetida a uma câmara de vácuo para a retirada de ar e passou pela extrusão, em seguida foram cortados os blocos já com suas dimensões. Após o corte, os blocos cerâmicos foram secos naturalmente, sem presença de sol ou vento que evitou com que após a queima aparecessem trincas. Depois da secagem em compartimento específico, os blocos foram queimados até atingirem temperaturas em torno de 900°C em um processo que a temperatura é aumentada gradativamente.

Foram utilizados lodos gerados na ETE de uma indústria têxtil da cidade Montes Claros, além de massa argilosa proveniente da região em questão para a produção de tijolos para desenvolvimento de bloco cerâmico.

Segundo Marconi (2003) é necessário realizar antes de tudo um pré-teste com o objetivo de prever as possíveis falhas como podem ocorrer para então se darem as reformulações necessárias.

O processo ocorre no início com a observação e a retirada do lodo das estações de tratamento e a coleta, em seguida é devidamente tratado em processo que permita a incorporação desse material na argila. A incorporação se deu em proporção de 0% (referência) 10%, 20% e 30% de resíduo sólido em relação ao material argiloso. Após a adição o material foi misturado e triturado até assumir uma forma homogênea e foram submetidos aos processos já normatizados e descritos,

desde a umidificação para o processo de extrusão para a produção de bloco cerâmico, secagem e queima.

Tiveram as devidas identificações efetuadas dos blocos cerâmicos, quanto à indústria fabricante, a porcentagem de resíduos sólidos incorporados e de quais indústrias foram gerados os resíduos, efetuando sua limpeza, retirando as rebarbas e protegendo-os em locais que preservem suas características. Foram avaliadas as propriedades geométricas como, dimensões das faces, espessuras dos septos e paredes externas dos blocos, desvio em relação ao esquadro, planeza das faces, área bruta e área líquida, verificando se os corpos-de-prova estão respeitando as características geométricas padrão. Sendo a aparelhagem e equipamentos compostos por esta etapa o paquímetro com sensibilidade mínima de 0,05 mm, régua metálica com sensibilidade mínima de 0,5 mm, esquadro metálico de  $90 \pm 0,5^\circ$  e balança com resolução de até 10g (ABNT NBR 15270-3/2005).

Segundo a ABNT NBR 15270-3 (2005), para a determinação do índice de absorção de água se fez necessário antes avaliar a massa seca e a massa úmida do corpo de prova. O processo tem início com a determinação da massa seca, após a retirada de pó e outras partículas soltas do bloco, onde foi submetido a secagem em estufa a temperatura de  $105 \pm 5^\circ\text{C}$ . Em intervalos de uma hora o corpo de prova deve ser retirado da estufa e pesado imediatamente, até que duas pesagens consecutivas se difiram no máximo 0,25%, com pesagens expressa em gramas.

Após a determinação da massa seca, os corpos de prova foram colocados em um recipiente de dimensões apropriadas, preenchendo com água a temperatura ambiente, em volumes suficientes para mantê-los totalmente cobertos durante 24 horas para atingirem a saturação. Decorrido o tempo necessário, os blocos cerâmicos foram retirados e colocados em bancadas para o escoamento da água em excesso, removendo com um pano limpo e úmido a água remanescente, e em fim fazendo a pesagem (em gramas), onde foi observado que o intervalo de tempo entre o escoamento do excesso de água e a pesagem não ultrapassem 15 minutos (ABNT NBR 15270-3/2005).

A determinação do índice de absorção de água se deu pela expressão:

$$AA(\%) = \frac{m_u - m_s}{m_s} \times 100$$

Onde  $m_u$  e  $m_s$  são respectivamente a massa úmida e a massa seca do corpo-de-prova, expressadas em gramas (ABNT NBR 15270-3/2005).



**Figura 1. Tanque de água com as amostras submersa**

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

Para a execução do teste de compressão foi utilizada uma prensa que satisfaz todos requisitos de norma para garantir a qualidade do processo. O corpo-de-prova deve estar isento de defeitos. O processo teve início com a preparação dos blocos cerâmicos, que devem ter suas faces de trabalho regularizadas (capeamento) feito a base de enxofre em pó derretido no óleo diesel, uniformes e sem remendos, com espessura máxima de 3mm e resistência superior à dos blocos. Esse processo se deu com a aplicação do enxofre sobre uma placa plana indeformável coberta com óleo vegetal, ficou fixado em um equipamento que posicionava a face do bloco a ser capeada próxima a placa, de modo que o material possa fluir, reduzindo a espessura ao limite de 3 mm. O material excedente nas bordas foi removido com espátula, em seguida foi repetido na face oposta. Com o endurecimento de alguns segundos do material foram levados para a prensa para o rompimento. Durante o experimento as faces destinadas ao recebimento das tensões estavam perpendiculares às cargas dos dois pratos da prensa, com seus centros de gravidade coincidindo com o eixo de carga dos pratos. A prensa estava regulada para que o ensaio de compressão

ocorresse de forma que a tensão aplicada, calculada em relação à área bruta, se eleve progressivamente à razão de  $0,05 \pm 0,01$  MPa/s (NBR 15270-3/2005).



**Figura 2. Prensa para teste de compressão**

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)



**Figura 3. Capecamento do Bloco cerâmico**

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

## 2.5 Tratamento de Dados

Os dados comparativos que utilizamos foram computados por meio da média aritmética dos resultados obtidos dos exemplares e através da norma vigente estão registrados em forma de gráficos, tabelas, entre outros, para que a população que atinja esse trabalho de pesquisa possa usufruir de seus devidos resultados, podendo assim melhorar seus materiais e dar uma destinação final útil ao resíduo produzido pelas ETEs, garantindo a sustentabilidade com uma equidade dos seus fatores, social, econômico e ambiental, para cidade de Montes Claros, Minas Gerais.

Quanto à pesquisa quantitativa, após recolhidos dados e feita à análise, as amostras dos resultados estarão sendo expostas em tabelas, projeções e tabulados em gráficos utilizando o software Microsoft Office Excel.

A formatação de dados e de folhas de cálculo é simplificada pela existência de inúmeras galerias de formatos predefinidos, finalizando pelo utilizador da ferramenta selecionar o formato mais adequado ao seu caso. Como ferramenta

de cálculo que é o Excel possibilita a utilização de fórmulas e o recurso a funções predefinidas, organizadas em diversas categorias. (PINTO, 2011).

## 2.6 Resultados e Discussões

Após os estudos e pesquisas realizadas para termos um embasamento teórico sobre o tema proposto, fomos ao laboratório dar início aos testes. O primeiro teste realizado foi o de absorção de água utilizando os corpos de prova de amostra referência de 0% e os demais de 10%, 20% e 30% de adição do lodo, foram testados 3 modelos de cada proporção.

Deixamos na estufa para atingir sua massa seca e após isso pesamos e colocamos em tanque de água durante 24 horas para obter a massa saturada, encontramos os seguintes resultados para os blocos de 0%, 10%, 20% e 30% respectivamente:

**Tabela 1 – Massa seca e Massa Úmida dos blocos Cerâmicos**

<b>Quantidade de lodo (%)</b>	<b>Massa Seca (g)</b>	<b>Massa Úmida (g)</b>
0	3339	3622
10	3375	3753
20	3296	3892
30	3313	4109

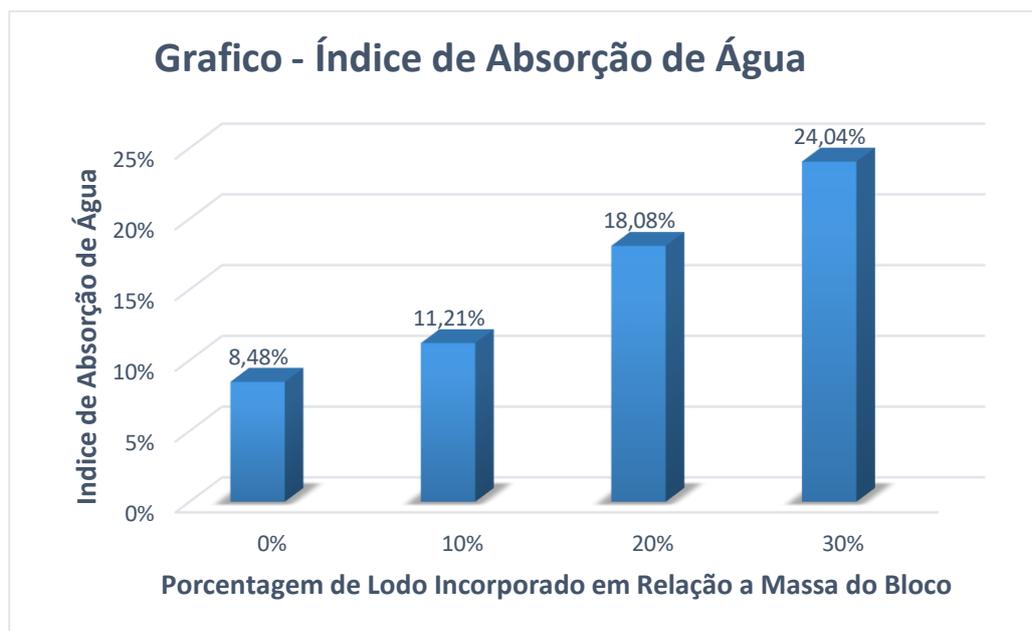


Gráfico 1 - Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Após a análise do gráfico podemos perceber que houve um aumento de absorção de água à medida que a quantidade de lodo aumenta na incorporação no bloco cerâmico, embora com esse aumento os de proporção 10% e 20% de lodo ainda mantiveram as características exigidas pela norma ABNT NBR 15270-3/2005 que está entre 8% e 22% de absorção de água.

Todavia percebemos que os blocos com 30% de lodo na sua composição passavam do valor máximo estipulado pela norma, assim concluindo que o índice de absorção a partir de 30% de lodo já traz alguns malefícios para a implantação desse tipo de bloco.

O segundo teste foi o de compressão, foi avaliado que quando mais aumentasse a proporção de lodo no bloco menor era sua resistência, mas foram verificados que todos estiveram acima da resistência mínima exigida pela norma ABNT NBR 15270-3/2005 de 1,5 MPa.

Os resultados podem ser melhor observados no comparativo do gráfico a seguir:

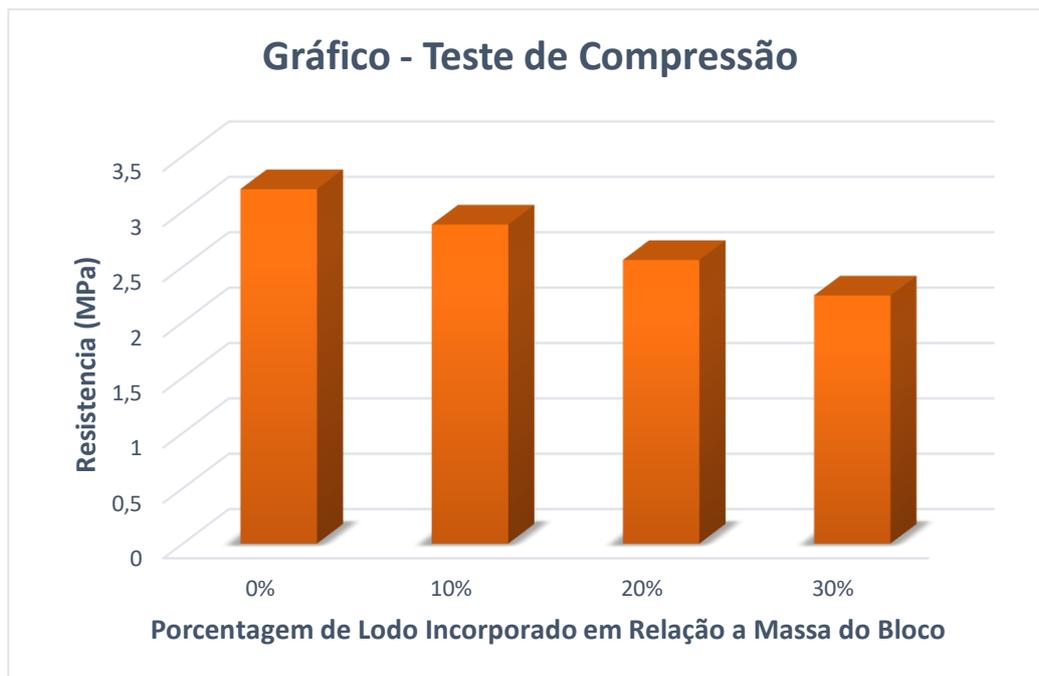


Gráfico 2 - Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Após o comparativo do gráfico, podemos perceber que houve uma redução gradativa da resistência onde o bloco com incorporação de 10% de lodo apresentou uma redução de 10% em Mpa em relação ao bloco de referência, o bloco de 20% manteve essa mesma proporção com redução de 20% e o de 30% com redução de 30%.

### 3 Conclusão

Após estudos bibliográficos dos mais diversos artigos sobre o tema proposto e análises dos estudos experimentais em laboratórios, chegamos a um resultado sobre o acréscimo de lodo em blocos cerâmicos para serem utilizados na construção civil.

No teste de absorção de água o bloco que continha 30% de lodo em sua massa, não se mostrou apto para uso em campo da construção civil, embora tenha obtido resultado favorável no teste de compressão, pois sua absorção se deu mais do que permitido em norma, assim possibilitando o aparecimento de patologias como fungos, fissuras após o grande aumento da carga em função da elevação de sua massa.

Os blocos de 10% e 20%, foram aprovados nos testes de absorção de água e compressão, houveram resultados satisfatórios perante a norma, assim podendo ser utilizados livremente na construção civil sem riscos de patologias ou outros problemas que possam vir a aparecer em sua resistência.

Ficou nítido também o ganho ambiental que esse tipo de alternativa traz, onde podemos ter uma redução da quantidade de argila extraída, que é um material mineral não renovável em curto espaço de tempo retirado do solo, além da redução da disposição do lodo em aterros industriais, que ao invés de ocupar áreas que trazem algum impacto ambiental e/ou social, vai receber um fim útil que é a incorporação.

## REFERÊNCIAS

ABNT NBR 15270-3: Componentes cerâmicos parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Métodos de ensaio. 1ª Edição. 2005.

BITTENCOURT, Simone; SERRAT, Beatriz Monte; AISSE, Miguel Mansur; MARIN, Lia Márcia Kugeratski de Souza; SIMÃO, Caio Cezar. Aplicação de lodos de estações de tratamento de água e de tratamento de esgoto em solo degradado. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 17, n-3, jul./set., 2012.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos. Resistência dos Materiais para Entender e Gostar. Editora Blucher, 2008.

BREHM, Feliciane Andrade; KULAKOWSKI, Marlova Piva; EVALDT, Daiane Calheiro; MORAES, Carlos Alberto Mendes; PAMPANELLI, Andrea Brasco. Análise da estabilização por solidificação de lodo de fosfatização em matrizes de cimento Portland e de cerâmica vermelha para a utilização na construção civil. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.13, n-2, pag. 15-27, abr./jun., 2013.

CASTRO, Thiago Moraes de. Solidificação/Estabilização de Lodo Gerado no Tratamento de Efluente de Lavanderia Industrial Têxtil em Blocos Cerâmicos Acústicos e Seu Desempenho em Câmara Reverberante. 86 f. Maringá, 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Escola de Engenharia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. Métodos de Pesquisa. 1ª Edição. Editora da UFRGS, 2009.

HEREK, L.C.S.; BERGAMASCO, R.; TAVARES, C.R.G. Fabricação de blocos cerâmicos para vedação pela incorporação com lodo de lavanderia industrial. **Cerâmica**, São Paulo, v.56, n-340, out./dez. 2010.

LUCAS, Denis; BENATTI, Cláudia Telles. Utilização de resíduos industriais para a produção de artefatos cimentícios e argilosos empregados na construção civil.

**Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v.1, n-3, pag. 405-418, set./dez., 2008.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. Fundamentos da Metodologia científica. 5ª Edição. Editora Atlas S.A.. 2003.

MEDEIROS, Elisandra Nazaré Maia de; SPOSTO, Rosa Maria; NEVES, Gelmires de Araújo; MENEZES, Romualdo Rodrigues. Incorporação de cinza de lenha, lodo de estação de tratamento de água e cinza de casca de arroz em massa cerâmica. Utilização da técnica de planejamento. **Cerâmica**. São Paulo, V.56, n-340, pag. 388-404, out./dez. 2010.

PINTO, Mário Paulo. Microsoft Excel 2010. 1ª Edição. Editora Centro Atlântico, Lda., 2011.

RESENDE, Domingos Sávio de; BEZERRA, Augusto Cesar da Silva; GOUVEIA, Antônio Maria Claret de. Propriedades mecânicas de compósitos cimentícios produzidos com lodo de estação de tratamento de efluentes da indústria de batata pré-fritas. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 65, n-2, Abr./jun. 2012.

YIN, R. K. Estudo de caso: Planejamentos e métodos. 5ª Edição. Bookman Editora LTDA, 2014. 289 p.