



# **CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

*Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016  
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL*

**RODRIGO ELIAS LARA NOGUEIRA**

**UTILIZAÇÃO DE LODO EM BLOCO CERÂMICO**

PALMAS-TO

2019

**RODRIGO ELIAS LARA NOGUEIRA**

**UTILIZAÇÃO DE LODO EM BLOCO CERÂMICO**

Projeto de conclusão de curso elaborado e apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC II) do curso de bacharelado em Engenharia Civil do Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Dra. Michele Ribeiro Ramos.

PALMAS - TO

2019

**RODRIGO ELIAS LARA NOGUEIRA**

**UTILIZAÇÃO DE LODO EM BLOCO CERÂMICO**

Projeto de conclusão de curso elaborado e apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC II) do curso de bacharelado em Engenharia Civil do Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Dra. Michele Ribeiro Ramos.

**Palmas – TO**

**2019**

**RODRIGO ELIAS LARA NOGUEIRA**

**UTILIZAÇÃO DE LODO EM BLOCO CERÂMICO**

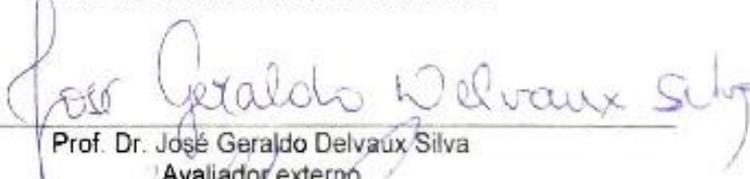
Projeto de conclusão de curso elaborado e apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC II) do curso de bacharelado em Engenharia Civil do Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA)

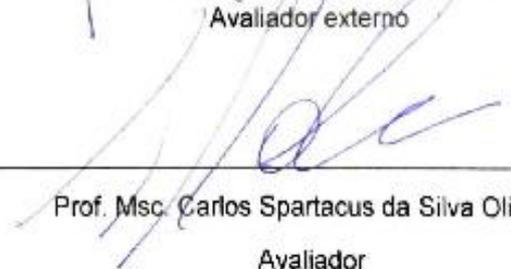
Orientador: Prof. Dra. Michele Ribeiro Ramos

Aprovado em: 22 / 05 / 2019 BANCA EXAMINADORA

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Michele Ribeiro Ramos  
(Orientadora)

Centro Universitário Luterano de Palmas

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. José Geraldo Delvaux Silva  
Avaliador externo

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Msc. Carlos Spartacus da Silva Oliveira

Avaliador

PALMAS – TO

2019

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente à Deus que permitiu que tudo isso acontecesse, me dando saúde, disposição e muita força para superar todos os obstáculos ao longo desses cinco anos, sem Ele, eu não conseguiria realizar este grande sonho.

Aos meus pais, por todo amor, cuidado, ensinamentos e incentivo incondicional ao decorrer desses semestres.

Agradecer à minha namorada Juliana Chaves, pelo companheirismo, paciência e apoio. Sempre me auxiliando e ajudando, principalmente na formatação deste trabalho.

Ao professor Dr. José Geraldo, que além de professor, foi meu orientador no trabalho de conclusão de curso, se tornou meu amigo, contribuiu com a minha trajetória acadêmica, meu deu apoio, e não me deixou ser vencido pelo cansaço.

Agradeço também à minha orientadora, Dra. Michele, pela orientação, incentivo e confiança. Por ter sido sempre tão atenciosa e paciente, esclarecendo todas minhas dúvidas e me ajudando assim a finalizar este projeto.

## **RESUMO**

NOGUEIRA, Rodrigo Elias Lara. **Utilização de lodo em bloco cerâmico**. 2019. 37 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2019.

O trabalho apresentado a seguir tem como finalidade o objetivo de indentificar se o lodo pode ser utilizado como matéria prima de blocos cerâmicos. O experimento foi realizado com a utilização de 5 tratamentos e 2 repetições, sendo um sem adição de lodo, o tratamento T1, e os demais foram adicionados pequenas doses de lodo, sendo 7, 8, 9 e 10%. O lodo foi recolhido na ETE de Palmas Tocantins. A argila e a fabricação dos blocos fora na Cerâmica Boa Vista em Miranorte do Tocantins. O ensaio a compressão dos blocos ocorreu no laboratório da Concreto Engenharia, localizado em Palmas – TO. A resistência a compressão no bloco de maior adição de lodo, de 10% variou de 1,701 Mpa a 1710 Mpa. Com os resultados obtidos nesse experimento se pode concluir que embora tenha tido uma diminuição na resistência à compressão, os blocos cerâmicos atende a norma NBR 7177/2006.

**Palavras-chave:** Blocos cerâmicos. Lodo. Resistência. Estação de Tratamento de Esgoto.

**ABSTRACT**

Nogueira, Rodrigo Elias Lara. **Use of silt em bloc ceramic**. 2019. 37 f. Final work for the undergratuation (graduation) - Engineering courses, centre university Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2019.

The purpose of the present work is to identify if the sludge can be used as raw material for ceramic blocks. The experiment was carried out using 5 treatments and 2 replicates, one without sludge addition, the T1 treatment, and the other small sludge doses were added, being 7, 8, 9 and 10%. The sludge was collected in the ETE of Palmas Tocantins. The clay and the manufacture of blocks outside Cerâmica Boa Vista in Miranorte do Tocantins. The compression test of the blocks occurred in the laboratory of Concreto Engenharia, located in Palmas - TO. The compressive strength in the largest sludge addition block, 10% ranged from 1.701 MPa to 1710 MPa. With the results obtained in this experiment it can be concluded that although it had a decrease in the compressive strength, the ceramic blocks meets the norm NBR 7177/2006.

**Key Words:** Ceramic block. Sludge. Emphasis. Sewage Treatment Station.

Figura 1 – Fluxograma do tratamento do tipo lodo ativado pode ser observado na..	19
Figura 2 - Fluxograma de uma estação de esgotos utilizando o método de lodos ativados.....	19
Figura 3 – Fluxograma de fabricação da cerâmica .....	24
Figura 4 – Foto da coleta de argila.....	25
Figura 5 – Misturador .....	25
Figura 6 - Extrusora.....	26
Figura 7 – Processo de corte .....	27
Figura 8 - Estufa de secagem dos blocos cerâmicos .....	28
Figura 9 – Olaria.....	29
Figura 10 – Olaria no processo de queima.....	29
Figura 11 - Foto da argila utilizada para confecção do bloco .....	31
Figura 12 - Foto dos blocos, sendo preparados para ir para o local de secagem natural .....	31

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tratamentos impostos .....	32
Tabela 2 – Tabela de ensaio a compressão com dados brutos .....	34
Tabela 3 - Análise de Variância dos tratamentos para ensaio de ruptura dos blocos cerâmicos de vedação com relação ao uso de lodo de esgoto tratado na composição dos blocos .....	34
Tabela 4 – Valores médios do ensaio de ruptura (Mpa) dos blocos cerâmicos de vedação com relação ao uso do lodo de esgoto tratado na composição .....	35

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ETE - Estação de Tratamento de Esgoto

PLANASA – Plano Nacional de Saneamento

Revista TAE – especializada em Tratamento de Águas e Efluentes

PIB – Produto Interno Bruto

## **SUMÁRIO**

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA	13
1.2	OBJETIVOS	13
1.2.1	<b>Objetivo Geral</b>	<b>13</b>
1.2.2	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>13</b>
1.3	JUSTIFICATIVA	13
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>15</b>
2.1	TRATAMENTO DE ESGOTO	15
2.2	TRATAMENTO DE LODO	15
2.3	TRATAMENTO DE ESGOTO NO BRASIL	16
2.4	LODO ATIVADO	18
2.5	REATOR UASB	20
2.6	DESTINAÇÃO FINAL DO LODO	20
2.7	LODO NA CONSTRUÇÃO CIVIL	21
2.8	TRANSPORTE DO LODO	22
2.9	CUSTO PARA A DESTINAÇÃO FINAL DO LODO	22
2.9.1	<b>Bloco Cerâmico de Vedação</b>	<b>22</b>
2.9.2	<b>Coleta da Argila</b>	<b>24</b>
2.9.3	<b>Preparação e Mistura</b>	<b>25</b>
2.9.4	<b>Extrusão</b>	<b>26</b>
2.9.5	<b>Corte</b>	<b>26</b>
2.9.6	<b>Secagem</b>	<b>27</b>
2.9.7	<b>Queima</b>	<b>28</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>30</b>
3.1	DESENHO DE ESTUDO	30
3.2	LOCAL E PERÍODO DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA	30
3.3	DETALHAMENTO DO TRATAMENTO	32
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>34</b>
4.1	ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	34
4.2	TRATAMENTO DOS DADOS	34
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>36</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Preocupado com o meio ambiente, saúde e bem-estar da população, a iniciativa pública vem investindo muito mais na coleta e tratamento de esgoto. Porém, o crescimento e desenvolvimento das comunidades aumenta a cada momento e, esse processo gera resíduo, estando o lodo entre os de maior importância, que se não for depositado de forma adequada e controlada pode causar danos ao meio ambiente.

A Estação de Tratamento de Esgoto (E.T.E.) gera em sua operação um resíduo rico em nutrientes e matéria orgânica com alto potencial de contaminação ambiental denominado lodo de esgoto. Em sua maioria, as ETEs não contemplam a destinação final desse resíduo, anulando parte dos benefícios gerados pelo tratamento. A incorporação desse material em produtos cerâmicos tem se mostrado uma alternativa viável de destinação correta (PIRES et al. 2012).

Com a demanda pela universalização das atividades de saneamento, a esperança é de um aumento considerável no número de domicílios que se beneficiaram de um sistema de coleta e tratamento de esgotos e conseqüentemente, um aumento considerável no volume de lodo produzido. Contudo, o sucesso de um sistema de esgoto sanitário está ligado diretamente ao destino do lodo. A falta de planejamento nesta etapa da ETE pode acarretar inúmeros problemas ao meio ambiente. Sendo o mais grave a contaminação da água devido à disposição dos resíduos de forma inadequada.

A indústria cerâmica possui uma enorme eficiência de absorção aos resíduos industriais e urbanos, desta forma, o uso de lodo como matéria prima surge como uma possibilidade de utilização que contrapõe à ideia de que o resíduo é apenas uma matéria inutilizada. O lodo tem características que podem melhorar o produto e além do mais entrar como substituto de parte da matéria prima convencional, significa que terá redução de custo.

A indústria cerâmica é um setor de grande importância econômica para o Brasil. Estima-se que tenha um faturamento médio de 4,2 bilhões de reais e é encarregado pela geração de 214 mil empregos com participação no PIB (Produto Interno Bruto) estimado em 1%, correspondendo a cerca de 6 bilhões de dólares (ABCERAM, 2003).

Buscando adquirir conhecimento e auxiliar no descarte de resíduos gerado nas estações de tratamentos de esgoto, esse estudo tem como propósito verificar a viabilidade da integração do lodo de esgoto em tijolo cerâmico, proporcionando um

ponto de partida para estudos mais complexos, buscando assim, formas alternativas e viáveis para a problemática do lodo de estações de tratamento de esgoto no Brasil.

## 1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

A partir de um processo de urbanização que no Brasil intensificou no final da década de 70, e no consumismo exagerado desta população urbana, aumentou-se demasiadamente a produção de resíduos, causando sérios impactos ambientais.

Desta forma, é necessário verificar a possibilidade do uso desse resíduo para outros fins a fim de minimizar os impactos gerados no meio ambiente com o descarte inadequado ou mesmo o armazenamento em *bags* sem dar uma destinação final ao produto.

Qual a possibilidade da utilização do lodo em blocos cerâmicos para construção civil, sem afetar a resistência do bloco cerâmico?

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Verificar a possibilidade do uso do lodo de esgoto em blocos cerâmicos.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Determinar o teor de lodo a ser incorporado, sem comprometer a qualidade do bloco, mantendo dentro da NBR 15270-3.
- Identificar a resistência dos blocos cerâmicos com diferentes teores de lodos.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

A ascendência de impactos ambientais decorrentes de alterações tais como: aumento da população urbana, desmatamentos descontrolados, queimadas, poluição dos rios, lagos e lençóis freáticos, de maneira acentuada, dessa maneira os órgãos que cuidam do meio ambiente fizeram com que freassem de maneira rigorosa os impactos, com a adoção de medidas punitivas aos responsáveis pela degradação ambiental.

Visando minimizar e colaborar com o meio ambiente, melhorando a qualidade de vida das comunidades, este estudo identificou que poderá fazer o uso de lodo da ETE na construção civil. Utilizando-o como matéria prima do bloco cerâmico de vedação.

O bloco cerâmico é um material de grande relevância na construção civil. O uso do lodo como matéria prima do bloco tem como finalidade diminuir o impacto ambiental causado pela extração da principal matéria prima do bloco e auxilia na destinação adequada do lodo da ETE, material que armazenado de forma inadequada pode causar grandes impactos ao meio ambiente. Ao mesmo tempo o uso desse rejeito minimizaria os custos na confecção destes blocos, podendo ser uma alternativa economicamente viável e ecologicamente correto.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 TRATAMENTO DE ESGOTO

O tratamento de esgoto é uma medida de saneamento básico tendo como propósito de acelerar o procedimento de retirada de impurezas da água antes de voltar ao meio ambiente ou ser reutilizada pela sociedade. O início dessa água poluída se dá através da rede de esgoto proveniente dos domicílios, comércios e indústrias (ALVES, 2014)

O tratamento de esgoto, é executado em unidades específicas de tratamentos, conhecidas como ETE, em que a água com impurezas passa por inúmeros tratamentos, variando de acordo com a empresa (ALVES, 2014).

Dentre os resíduos produzidos nas estações de tratamento de esgotos, o lodo é o que aponta maiores problemas quanto a sua disposição final. Segundo Andreoli e Pinto (2001), a manutenção de lodo pode representar entre 20% a 60% dos custos operacionais. Ainda assim, o planejamento e a execução da aplicação final têm sido frequentemente negligenciados nos países em desenvolvimento, incluindo o Brasil. (ARAÚJO, 2008).

A avaliação de alternativas para o tratamento e destino do lodo de esgoto é normalmente complexa por envolver aspectos técnicos, econômicos, ambientais e legais, que ultrapassam os limites da estação de tratamento. Por essa razão, é comum que os operadores sejam obrigados a gerenciar o problema da disposição final do lodo de forma emergencial, envolvendo altos custos, dificuldades operacionais e muitas vezes gerando impactos ambientais que podem comprometer os benefícios de um sistema de arrecadação e tratamento de esgoto.

O custo de uma operação de uma ETE de lodo é alta, com isso a alternativa do processamento e destino do lodo deve ser parte integrante do projeto de uma ETE, considerando de forma vinculada a capacidade do esgoto a ser tratado, o tipo de tratamento, o procedimento do lodo e seu destino final (SPERLING et al, 2001).

### 2.2 TRATAMENTO DE LODO

Lodo é o termo utilizado para designar os sólidos orgânicos gerados durante o procedimento de tratamento de esgoto. Distingue-se, lodo primário (material

sedimentavel no esgoto bruto) gerado nos processos de tratamento primários e lodo secundário, produzindo nos sistemas de tratamento biológicos. Estes materiais têm grande teor de material orgânico, nitrogênio e fósforo e, a princípio, podem ser utilizados como fertilizantes na agricultura após tratamento adequado (SPERLING, 2001).

O tratamento de esgoto é dividido em níveis com o grau de remoção de poluentes que deseja atingir. O tratamento primário destina-se à remoção de sólidos grosseiros em suspensão. São usados apenas mecanismos físicos como método de tratamento. Essa etapa tem a finalidade de proteger as unidades de tratamento subsequentes e dispositivos de transportes como, bombas e tubulações, além de proteção dos corpos receptores quanto aos aspectos estéticos (OLIVEIRA, 2006).

Tratamento primário, além dos sólidos sedimentáveis, remove também boa parte da matéria orgânica, utilizando mecanismos físicos como método de tratamento (OLIVEIRA, 2006).

Tratamento secundário, geralmente constituído por reator biológico, remove grande parte da matéria orgânica, podendo remover parcela dos nutrientes como nitrogênio e fósforo. Os reatores biológicos empregados para essa etapa do tratamento reproduzem fenômenos naturais da estabilização da matéria orgânica que ocorreriam no corpo receptor (OLIVEIRA, 2006). Tratamento terciário, constituído de unidade de tratamento físico-químico, tem como finalidade a remoção complementar da matéria orgânica, dos nutrientes, de poluentes específicos e a desinfecção dos esgotos tratados (OLIVEIRA, 2006).

### 2.3 TRATAMENTO DE ESGOTO NO BRASIL

O grande impulso para a coleta de esgoto sanitários no Brasil ocorreu na segunda década do Planasa, uma vez atendida a demanda prioritária dos primeiros 10 anos, focalizado no abastecimento ou na melhoria dos serviços de água potável em todas as cidades brasileiras. Só recentemente presencia-se no país a entrada em operação de um número mais significativo de estações de tratamentos de esgotos, decorrente das necessidades sociais de melhoria das condições de saúde e da preservação ambiental. Desta forma há uma forte tendência de crescimento da formação de lodo no Brasil, que exige a definição de alternativas adequadas de

disposição final, sem a qual, grande parte dos benefícios esperados pelos sistemas de saneamentos ficam comprometidos (SPERLING, 2001).

O lodo gerado durante o procedimento de tratamento de esgoto tem aumentado, acompanhando o desenvolvimento da população. A produção nacional de resíduos seco por ano é de 140 a 210 mil toneladas, considerando que a coleta atingia apenas 30% da população (MALTA, 2001).

O ser humano produz aproximadamente cerca de 120g de sólidos por dia, lançados nos sistemas de coletas. Quando o esgoto não possui resíduos industriais, é composto por 99,87% de água, 0,04% de sólidos sedimentáveis, 0,02% de sólidos não sedimentáveis e 0,07% de matéria dissolvidas (MALTA, 2001).

O tratamento biológico converte em duas classes de resíduos: o efluente líquido apto a ser lançado no meio ambiente e o lodo primário ou secundário, que é um objeto pastoso com um teor de concentração de microrganismos, orgânicos e minerais muito grande. (MALTA, 2001).

O estudo do reaproveitamento do lodo tem sido examinado em diversos países com algum tempo, sendo no meio agrícola o método que mais se destaca. No Brasil o reuso do lodo é pouco utilizada e a destinação mais comum são os aterros sanitários, porém esses são escassos no Brasil, onde a maioria não se recebe resíduos sólidos gerado pelo tratamento do lodo (MALTA, 2001).

O lodo é formado, em sua maior parte, por bactérias vivas. Como a eficiência dos procedimentos biológicos está unido com à acumulação de células vivas, influente no processo, os sistemas de tratamento mantêm o afluente em um meio abundante em lodo: um processo biológico é considerado efetivo e moderado se puder ser aplicado com baixo tempo de detenção hidráulica e tempo de retenção de sólidos suficientemente longos para permitir o crescimento de microrganismos. (MALTA, 2001).

A capacidade em que o lodo "fresco" passa por procedimento de biotransformação, seus elementos orgânicos, mais facilmente biodegradáveis, são modificados e o lodo recebe propriedades de lodo "consolidado", apresentando cheiro desagradável e menor concentração de microrganismos patogênicos.

A necessidade de conservação do lodo está, essencialmente, ligada a estas duas propriedades negativas do lodo fresco: sua capacidade de produzir cheiros desagradáveis e seu conteúdo de microrganismos patogênicos, sendo que na prática,

um lodo pode ser "consolidado" por outras estratégias, além dos procedimentos de biodegradação (MALTA, 2001).

## 2.4 LODO ATIVADO

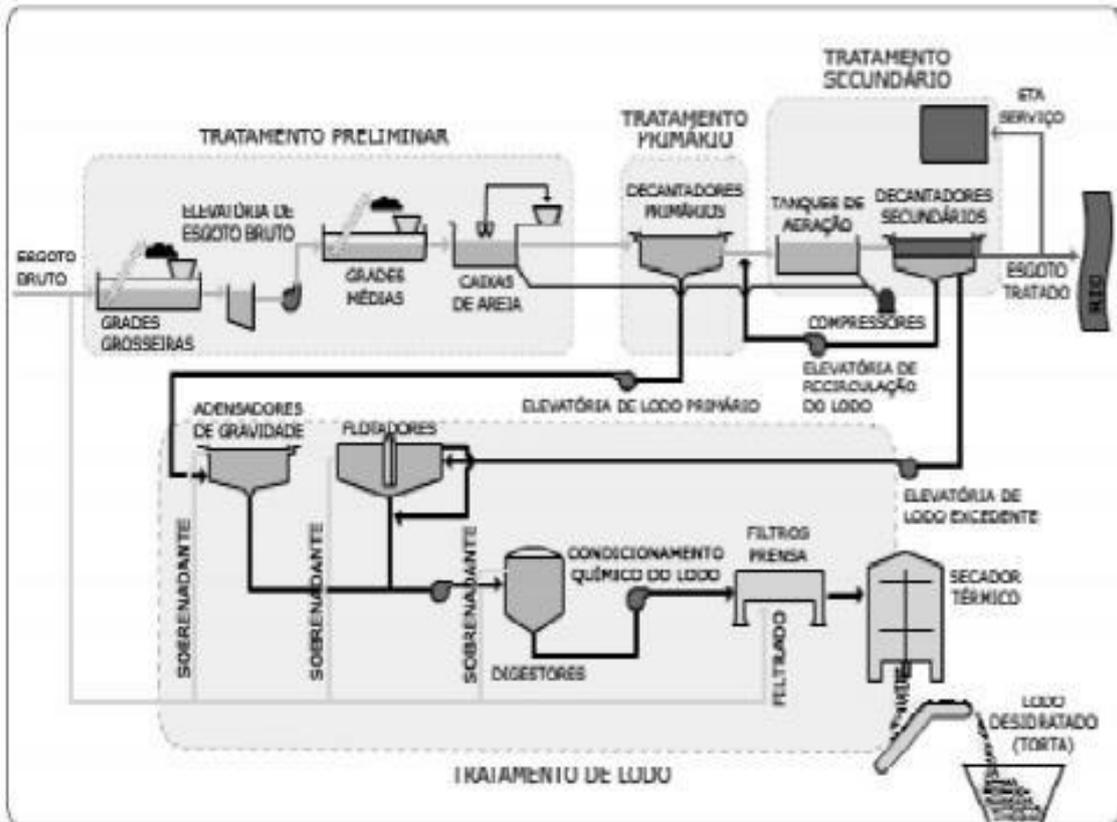
O lodo ativado consiste em uma cultura microbiológica na forma de flocos produzida no esgoto do tanque de aeração com a finalidade de absorver e metabolizar a matéria orgânica presente nesse esgoto na presença de oxigênio dissolvido. O sistema de lodos ativados é amplamente utilizado à nível mundial para o tratamento de despejos domésticos e industriais, em situações que necessitam elevada qualidade do efluente e nas quais há limitada disponibilidade de área. No entanto, este sistema inclui um índice de mecanização superior ao de outros sistemas de tratamento, implicando em operação mais sofisticada, grande consumo de energia e maior produção de lodo (VON SPERLING, 2002).

O procedimento de lodos ativados é classificado quanto à idade do lodo e quanto ao fluxo de esgoto. A idade do lodo representa o tempo médio que uma partícula de lodo permanece no sistema, e pode ser estimada como a relação entre a quantidade de lodo biológico existente no tanque de aeração e a quantidade diária de lodo biológico removida do sistema de lodos ativados (VON SPERLING, 2002).

O tratamento de lodos ativados por aeração modificada baseia-se na oxidação da matéria orgânica por bactérias aeróbias e facultativas em reatores biológicos (tanque de aeração) seguido de decantação, recirculação do lodo e retirada do lodo excedente (BROTTO, 2011).

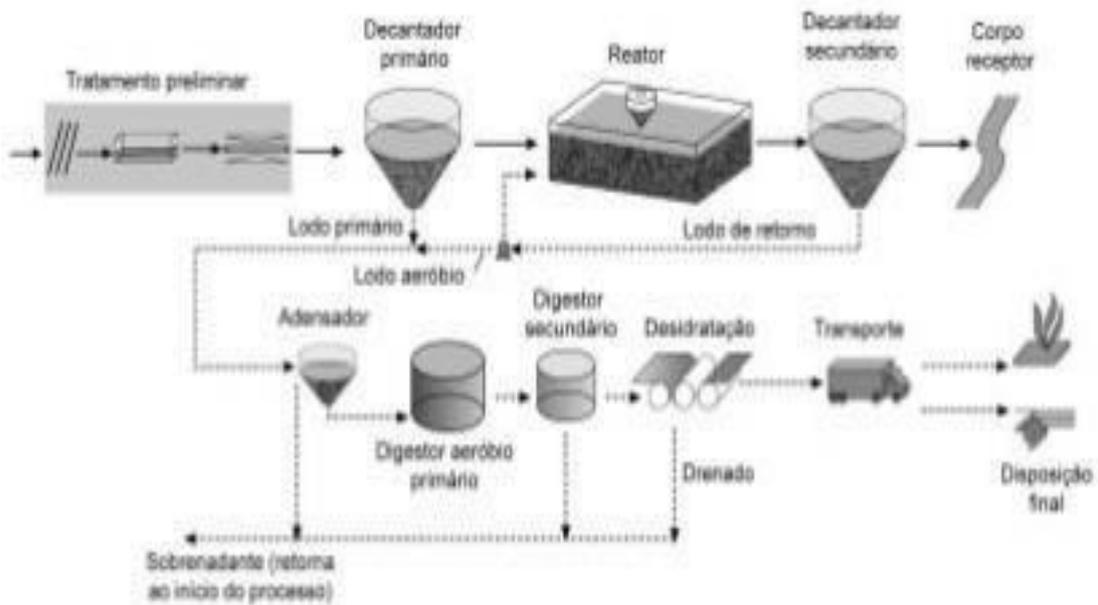
Na Figura 1 apresenta um fluxograma do tipo de lodo ativo, e na Figura 2 um fluxograma de uma estação de esgoto utilizando o método de lodos ativos.

Figura 1 – Fluxograma do tratamento do tipo lodo ativado pode ser observado na (Urban, 2016)



Fonte: SABESP (2011)

Figura 2 - Fluxograma de uma estação de esgotos utilizando o método de lodos ativados



Fonte: SABESP (2011)

## 2.5 REATOR UASB

Além dos processos de tratamento de esgoto convencionais, deve-se também dar destaque a conjugação entre reatores anaeróbicos de manta de lodo (UASB) e processos aeróbios, anaeróbios ou fisioquímicos de pós-tratamento de seus efluentes. Esta combinação afigura-se como a principal tendência para o tratamento de esgoto em nosso meio. Nos sistemas UASB e lodos ativados – biofiltro aerado submerso, o lodo biológico aeróbio é simplesmente retornado ao reator UASB, onde sofre digestão e adensamento conjuntamente com o próprio lodo anaeróbio, dispensando unidades separadas de digestão e adensamento (SPERLING, 2001).

No Brasil umas das técnicas de tratamento biológico de esgotos, muito usada é baseada na tecnologia de decomposição anaeróbia da matéria orgânica. Segundo a Revista TAE (2015) afirma que essa técnica consiste em uma coluna de escoamento ascendente, constituído de uma zona de digestão, outra de sedimentação, e o dispositivo separador de fases gás-sólido-líquido. O esgoto afluí ao reator e logo depois é distribuído pelo seu fundo, segue uma trajetória ascendente, desde a sua parte mais baixa, até encontrar a manta de lodo. Após a mistura, a biodegradação e a digestão anaeróbia do conteúdo orgânico, tendo como subproduto a geração de gases metano, carbônico e sulfídrico.

## 2.6 DESTINAÇÃO FINAL DO LODO

Os indicadores ambientais são ferramentas para a execução de um eficiente monitoramento. Para cada prática de disposição final de lodo haverá um indicador mais apropriado para a verificação dos impactos da alternativa selecionada. Por exemplo, monitorar a qualidade da água pode ser mais apropriado e relevante para a determinada forma de disposição que o controle de emissão de odores. Obviamente ambos acarretam problemas e devem ser evitados e monitorados, mas o impacto na qualidade dos recursos hídricos é de maior magnitude e importância, podendo afetar em uma parcela da população muito maior que a aquela afetada pelos odores.

A eliminação do lodo é uma preocupação atual no Brasil. Até poucos tempos, a única referência ao lodo nos estudos das estações era uma seta e as palavras “destinação final”, sequer identificava onde seria o descarte e como ocorreria o descarte. Assim as agências gerenciadoras de saneamento básico procurava se livrar

do material, sendo a mais utilizadas o descarregamento do lodo em aterros sanitários (IWAKI, 2017).

Com o crescimento da preocupação da prevenção do meio ambiente a descarga em alto-mar não é mais utilizada, sendo até proibida nos Estados Unidos e na Europa. O processo que englobam a disposição final do lodo de 90% gerado no mundo são: queima, descarte em aterros e uso na agricultura (IWAKI, 2017).

Para destinar corretamente o lodo, faz-se necessário os conhecimentos técnicos dos tratamentos envolvidos e os conhecimentos logísticos. A disposição e gerência para planejar, manusear, armazenar e transportar os resíduos é essencial para o sucesso do processo (IWAKI, 2017).

O conceito de logística reversa está presente na cadeia de reutilização do lodo, bem como os padrão da logística verde que tem a cautela, entre outros aspectos, com a escassez de reaproveitamento e com o crescimento da emissão de resíduos ao meio ambiente (IWAKI, 2017). O conhecimento dos meios logísticos com o objetivo de identificar as possíveis opções presentes em equipamentos, materiais e instalações garante a máxima eficiência com o custo mínimo. Dessa forma, conhecer e executar os conceitos da logística reversa e à logística verde são igualmente necessários para o alcance do equilíbrio entre meio ambiente, população e economia (IWAKI, 2017).

## 2.7 LODO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Ao introduzir o lodo de esgotos na confecção de produtos cerâmicos, como tijolos, telhas, tubos e lajotas, tem-se mostrado uma possibilidade viável de destinação apropriada. O lodo é acrescentado no processo durante a fase de elaboração da massa cerâmica e contribui na correção de umidade. Isso pode ser feito com pás carregadeiras, ou em olarias mais técnicas, utilizando-se equipamentos apropriados (IWAKI, 2017).

Além do uso na construção civil, existem outras formas de utilização do lodo gerado ao decorrer do tratamento de esgoto que está sendo estudado, como:

- Agricultura;
- Industrial;
- Produtividade de cimento;
- Fertilizante orgânico e compostagem;

- Reparação de solos degradados.

## 2.8 TRANSPORTE DO LODO

O transporte da mercadoria a partir da ETE poderá ser efetivado através de caminhão caçamba ou graneleiro, carreta graneleira de trator, ou uma alternativa devidamente adaptada. A operadora dos serviços de esgoto é responsável pelas condições do veículo e deve permitir ou não seu carregamento. Mesmo aprovado pela fiscalização, o transporte requer alguns cuidados adicionais:

A carga não deverá exceder as laterais das estruturas do transporte. A carga deverá ser coberta com lona

Devem ser tomados cuidados para evitar perda de material durante o transporte, tais como uso de travas de segurança para o correto fechamento da caçamba.

Deverá ser providenciada a limpeza de todas as partes do meio transporte que tenham contato com o material, em especial os pneus, na saída da ETE.

Não deverá ser permitido carregamento em dias chuvosos, caso a operação não seja realizada em ambiente coberto.

## 2.9 CUSTO PARA A DESTINAÇÃO FINAL DO LODO

Segundo Andreoli e Pinto (2001), o gerenciamento destes resíduos pode representar entre 20 a 60% dos custos operacionais. Ainda assim, o planejamento e a execução do destino tem sido frequentemente negligenciado nos países em desenvolvimento, incluindo o Brasil (ARAÚJO, 2008).

### 2.9.1 Bloco Cerâmico de Vedação

A história da cerâmica caminha junto com o desenvolvimento da humanidade. A argila é aproveitada em todas as sociedades – dos ancestrais até o mundo moderno. Foram achados arqueológicos datados de 5.000 a.C., na região de Ásia menor. Na Grécia, eram comuns as retratar em cerâmicas cenas de batalhas e conquistas bélicas, e, na China, a produção de artefatos estava relacionada à tradição religiosa (ITAÚ, 2006).

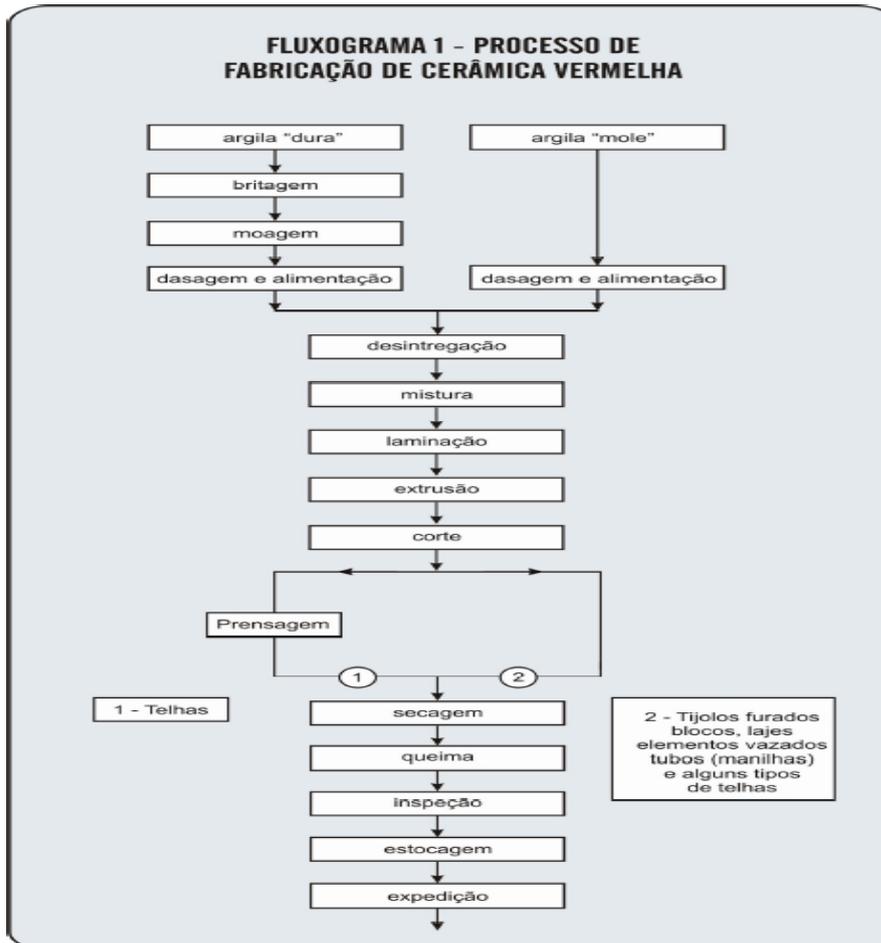
Sendo utilizado desde 4.000 a.C., os derivados cerâmicos destacam-se pela durabilidade, facilidade da fabricação, e a grande quantidade de matéria-prima a argila. Sendo indicado principalmente para utilização em obras com estrutura de concreto armado, os blocos cerâmicos de vedação são utilizados a execução de paredes que suportam o seu peso próprio e pequenos esforços de ocupação como armários, pias e lavatórios.

A matéria prima utilizada para a fabricação dos blocos cerâmicos é a argila, composta por grãos muito finos de silicatos de alumínio, associados a óxidos que dão tonalidades diferentes, pode ser encontrada próxima de rios, algumas vezes formando barrancos nas margens. É da família dos minerais filossilicáticos hidratados, aluminosos de alta cristalinidade, com dimensões que são partículas menores do que  $1/256$  mm ou  $4 \mu\text{m}$  de diâmetro.

Dividida em dois grupos, o primeiro é a argila primárias, originadas da decomposição do solo por ações físico-químicas do ambiente natural, de acordo com os anos, apresentando-se normalmente na forma de pó. E as argilas secundárias, decorrentes das sedimentações de partículas transportadas através das chuvas e dos ventos, que se apresenta de forma pastosa ou lama (SANTOS, 2009).

Na Figura 3, a seguir é retratado um fluxograma do processo de desenvolvimento das cerâmicas vermelhas.

Figura 3 – Fluxograma de fabricação da cerâmica



Fonte: Associação Brasileira de Cerâmica – ABC (2011)

### 2.9.2 Coleta da Argila

A maior parte das argilas brasileiras estão depositadas nos rios. Neste caso, a retirada é a céu aberto. O plano de retirada deve presumir a remoção, a estruturação dos estêreis, a alteração de bancos de retiradas que assegurem o controle no carregamento, a retirada da água, preservação no trabalho e o rendimento completo da jazida (SILVA, 2009).

São manuseados para a retirada da argila máquinas retroescavadeira. Este equipamento enchem as caçambas dos caminhões que conduzem as argilas para os locais adequados, nos amplos pátios dos grandes empreendimentos, nestes são formados grandes estoques para a produtividade de blocos cerâmicos. (OLIVEIRA, 2011).

Conforme a Figura 4 a seguir, é apresentado a coleta de argila em uma jazida.

Figura 4 – Foto da coleta de argila



Fonte: Geoinform

### 2.9.3 Preparação e Mistura

Etapa que a matéria é homogeneizada por um misturador, é um equipamento mecânico onde o material é depositado por uma retroscavadeira ou pá carregadeira, ao decorrer desse procedimento o material é transportado para uma caixa alimentadora. Posteriormente adiciona água com o intuito de facilitar a homogeneização, passando assim para o laminador. A mistura forma então uma pasta consistente, sendo transportada por meio de esteiras para a seguinte etapa, de extrusão.

Na Figura 5 a seguir, é apresentado o misturador.

Figura 5 – Misturador



Fonte: Maquinas Man (2010)

### 2.9.4 Extrusão

A extrusora é encarregada em dar aspectos à massa plástica e rígida, essa é forçada, por um pistão ou eixo helicoidal, deslocando constantemente em um molde ou boquilha, com uma aparência já definida, a qual é seccionada em comprimentos apropriados, originando tijolos furados e maciços, telhas, lajota (NORTON, 1973).

A eficiência da extrusão interfere diretamente a características finais dos produtos a verde ou queimado (IOSHIMOTO; THOMAZ, 1990).

Na Figura 6 abaixo, é apresentado um modelo de máquina extrusora.

Figura 6 - Extrusora



Fonte: Incargel (2011)

### 2.9.5 Corte

Os cortadores são empregados para deixar os blocos nas proporções adequadas, este manuseio pode ser manual ou automático. Ao sair da boquilha, o bloco ainda úmido se move por uma esteira, onde são interceptados por fios de aço, bastante alinhados, que efetuam o corte na peça de forma eficiente (OLIVEIRA, 2011).

Figura 7 – Processo de corte



Fonte: Autor (2019)

### 2.9.6 Secagem

A secagem compõe-se na subtração da água aplicada na confecção dos blocos, é a etapa do procedimento que antecede a queima, sendo de extrema importância no preparo para a queima do bloco, peças com secagem imperfeita podem apresentar irregularidade como fissuras e deformidades, implicando em eliminação de produtos ou agravo para a qualidade do serviço. Além disso, os blocos com umidade exagerada ampliam o ciclo de queima consequentemente as despesas com o combustível, no caso a lenha (OLIVEIRA, 2011).

Durante a retirada da água o bloco sofre uma contração linear, o que reduz a proporção inicial do bloco, se essa retirada não for homogênea poderá fissurar, deformar ou quebrar os blocos. A umidade de um bloco cerâmico extrudada normalmente se desequilibra entre 20 e 30%, logo depois da secagem, esta umidade residual deve ficar inferior a 5% (NORTON, 19730). A aceleração da evaporação da água em uma área livre depende de inúmeros fatores, sendo eles: temperatura, velocidade do ar, umidade relativa e temperatura da água. Em geral quanto mais espessa o bloco, mais demorado e complicado será o procedimento de secagem (ELIAS, 1995).

Conforme apresentado na Figura 8 a seguir, os blocos cerâmicos estão no período de secagem em uma estufa adequada.

Figura 8 - Estufa de secagem dos blocos cerâmicos



Fonte: Kerplas Estufas Agrícola (2009)

### 2.9.7 Queima

Após a secagem, das peças cerâmicas, são conduzidas para o forno, onde são calcinadas em grandes temperaturas, que através de mudanças físico-químicas, altera as características do processo mecânico, cor e tamanho da peça. A temperatura que varia entre 750 °C a 900 °C. A fase de queima é efetuada em fornos, cuja concepção térmica e os combustíveis utilizados possuem uma grande diversidade (BACCELLI, 2010).

No decorrer do tratamento térmico, queima, e o bloco cerâmico tem a quantidade de poros reduzidos, apresentando encolhimento, expansão da massa específica e maior relação entre os cristais da estrutura, intensificando a rigidez e a densidade do bloco formado, proporcionando uma resistência mecânica admissível dentro dos limites de sua finalidade (CARVALHO, 2001).

As Figura 9 e 10 apresentam um dos modelos convencionais de fornos, para a queima dos blocos cerâmicos.

Figura 9 – Olaria



Fonte: Autor (2019)

Figura 10 – Olaria no processo de queima



Fonte: Autor (2019)

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 DESENHO DE ESTUDO**

A finalidade desse estudo foi mostrar se o lodo da ETE, pode ser integrado como matéria prima do bloco cerâmico de vedação, podendo gerar novas tecnologias, diminuindo impactos no meio ambiente.

#### **3.2 LOCAL E PERÍODO DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA**

Os blocos foram executado na cerâmica Boa Vista de Miranorte do Tocantins e os ensaios de rupturas foram no laboratório da Concreto Engenharia localizado em Palmas.

A coleta do lodo foi realizada na estação de tratamento de esgoto da BRK Ambiental, localizada na cidade de Palmas – TO, no período de fevereiro de 2019. O lodo tinha que estar no estado seco, transportado em uma caixa térmica até a cerâmica em Miranorte do Tocantins para proceder a execução dos blocos. Após a confecções dos blocos, foi transportado para Palmas, para fazer o ensaio de resistência, para a conclusão dos estudos e certificação se os blocos estão aptos para a construção civil. Os ensaios de resistência foram realizados no laboratório da Concreto Engenharia, em Palmas - TO.

A argila que foi utilizada para confecção do bloco cerâmico de vedação, foi coletada na jazida do pátio cerâmico, no município de Miranorte -TO, a coleta ocorreu no mês de março de 2019. Conforme mostra a Figura 11 a seguir.

Figura 11 - Foto da argila utilizada para confecção do bloco



Fonte: Autor (2019)

As amostras foram confeccionadas de acordo com a NBR 5426/2006, na quantidade de realizar 5 tratamentos com 2 repetições, cada tratamento será realizado com diferentes percentuais de lodo. As amostras obedeceram aos aspectos com dimensões 9x14x19 cm, a secagem e queima de bloco conforme a norma ABNT 15270/2006. O ensaio de resistência a compressão foi feito após cinco dias da etapa de resfriamento natural. Conforme mostra Figura 12, os blocos já confeccionados sendo levado para o processo de seca natural.

Figura 12 - Foto dos blocos, sendo preparados para ir para o local de secagem natural



Fonte: Autor (2019)

A resistência dos blocos é feita sobre a área bruta, precisando atender valores mínimos de resistência maior ou igual a 1,5 Mpa para os blocos que tem furos na horizontal. E maior ou igual a 3,0 Mpa para os blocos com furos na vertical, segundo a ABNT NBR 15270-3.

### 3.3 DETALHAMENTO DO TRATAMENTO

O estudo foi constituído por 5 tratamentos, cada tratamento 3 blocos cerâmicos com 2 repetições. O primeiro tratamento não terá adição de lodo, pois sucederá no bloco de testemunha, para a avaliação dos outros blocos. Os tratamentos são:

Tratamento 1: Material constituído apenas pela matéria prima, argila, sem acréscimos de lodo.

Tratamento 2: Aplicação de 7% de lodo de ETE na composição do bloco cerâmico de vedação.

Tratamento 3: Aplicação de 8% de lodo de ETE na composição do bloco cerâmico de vedação.

Tratamento 4: Aplicação de 9% de lodo de ETE na composição do bloco cerâmico de vedação.

Tratamento 5: Aplicação de 10% de lodo de ETE na composição do bloco cerâmico de vedação.

Tabela 1 – Tratamentos impostos

<b>Especificações</b>	<b>Percentual de adição de lodo</b>	<b>Nomenclatura</b>
Tratamento 1	0%	T1
Tratamento 2	7%	T2
Tratamento 3	8%	T3
Tratamento 4	9%	T4
Tratamento 5	10%	T5

Fonte: Autor (2019)

Para a confecção do traço foi utilizado um volume de 0,5 m<sup>3</sup> de argila para cada um dos tratamentos impostos, e nos tratamentos com adição de lodo, foi adicionado o percentual de cada um, o tratamento T1 é o tratamento sem adição de lodo.

Posteriormente a confecções dos blocos e a realização dos ensaios, foi coletado todos os dados para análise estatística, de comparação entre os ensaios realizados. Assim podendo estabelecer se os blocos cerâmicos de vedação com percentual de lodo, estará apto para a utilização na construção civil.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

A resistência à compressão dos blocos cerâmicos de vedação de acordo com a área bruta, devem atender os valores indicados pela NBR 7171 “Bloco Cerâmico para Alvenaria”. No caso das amostras de blocos cerâmicos produzidos têm de atender ao requisito mínimo de 1,0 Mpa, os blocos utilizados no ensaio têm dimensões de 9x14x19cm, onde na Tabela 2 a seguir apresenta os resultados da resistência de cada tratamento, de acordo com as repetições.

Tabela 2 – Tabela de ensaio a compressão com dados brutos

RESULTADOS DE ENSAIO E RUPTURA				
	REPETIÇÃO 01		REPETIÇÃO 02	
TRATAMENTO	Mpa		Mpa	
T1	1,710	1,709	1,707	1,708
T2	1,707	1,706	1,706	1,705
T3	1,705	1,704	1,703	1,704
T4	1,703	1,704	1,702	1,704
T5	1,700	1,701	1,702	1,701

Fonte: Autor (2019)

### 4.2 TRATAMENTO DOS DADOS

Para o tratamento dos dados foi utilizado o programa estatístico Sisvar, um software que tem sido bem comum no suporte de disciplinas de estatísticas experimental.

Tabela 3 - Análise de Variância dos tratamentos para ensaio de ruptura dos blocos cerâmicos de vedação com relação ao uso de lodo de esgoto tratado na composição dos blocos

	GL	SQ	QM	F	p>F
Tratamentos	5	0,000069	0,000023	103,375	0,0001*
CV %	0,03%				

\*= Significativo a ( $p > 0,05$ ) pelo teste F.

Tabela 4 – Valores médios do ensaio de ruptura (Mpa) dos blocos cerâmicos de vedação com relação ao uso do lodo de esgoto tratado na composição

Teste de Tukey

Tratamentos	Valores médios do ensaio de ruptura (Mpa)
T1	1,709
T2	1,706
T3	1,704
T4	1,703
T5	1,701

Fonte: Autor (2019)

A partir das Tabelas 2 e 3 podem-se avaliar estatisticamente os dados encontrados em função da dispersão deles. O desvio padrão, que é a variação em relação à média, foi consideravelmente baixo, tendo uma variação maior somente no traço com adição de 10% de lodo.

Conforme apresentado na Tabela 3, os traços com 7 e 8% de lodo não se diferenciam estatisticamente, ou seja, estão contidos no mesmo intervalo. Os demais se diferenciam e por isso são representados por letras diferentes.

Silva *et al* (2015) constataram que a utilização de até 10% de lodo não alterou de maneira significativa a resistência à compressão.

Segundo Herek *et al* (2010) em seus ensaios realizados nos blocos cerâmicos de vedação por meio da incorporação de lodo de lavanderia com teores de 0 (referência) e 20% em peso comprovam que a resistência é inversamente proporcional ao teor de lodo incorporado.

Para Duarte (2008) dosagens mais altas, de 15 e 20%, perderam cerca de 90% da resistência do tijolo-testemunha e, portanto, não são tecnicamente aceitáveis.

## 5 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do presente estudo mostrou uma análise de dados de uma nova matéria-prima misturada com a argila, possibilitando com que os blocos cerâmicos possam ser produzidos sem afetar a resistência solicitada pela norma. Além disso, também permitiu uma pesquisa de campo para obter a matéria prima e fabricação dos blocos cerâmicos.

Dada a importância do assunto, a utilização do lodo em mistura com a argila, para fabricação do blocos cerâmicos, é possível fazer com que se degrade menos o meio ambiente, pois a retirada de argila em excesso do meio ambiente e a má utilização do lodo, ou não utilização, pode acarretar uma serie de degradação ao meio ambiente, além de, causar doenças a população.

Os diferentes teores de lodos aplicados nas confecções dos blocos cerâmicos, não alterou a maneira significativa a resistência à compressão.

Com a adição do lodo como matéria prima do bloco cerâmico não modificou a forma da trabalhabilidade.

Os blocos com adições de lodo comparado com o bloco sem lodo, percebe-se que não existe diferença na textura.

Com isso podemos concluir que o lodo no estado natural pode sim ser utilizado em proporções de 7,8, 9, e 10% na matéria prima do bloco cerâmico. Pois a pequena alteração que foi registrado nos ensaios a compressão não é significativa, portando continua atendendo a resistência estabelecida pela norma, regularizando os blocos cerâmicos de alvenaria.

## REFERÊNCIAS

ARAUJO, F. S. D. **Influência do lodo de ETE na massa para fabricação de cerâmica vermelha.** 2008.

ABCERAM – Associação Brasileira de Cerâmica no Brasil – **Números do Setor – Cerâmica Vermelha.** São Paulo, 2003. Disponível em <[http://www.abceram.org.br/asp/abc\\_283.asp](http://www.abceram.org.br/asp/abc_283.asp)>. Acessado em 05 de setembro de 2018.

ALVES, L. OLIVEIRA – **Tratamento de esgoto.** UNIFESO. 2014. Disponível em <<https://www.infoescola.com/meio-ambiente/tratamento-de-esgoto>>. Acessado em 24 de setembro de 2018.

BACCELLI JÚNIOR, G. **Avaliação do processo industrial da cerâmica vermelha na região do sério** – RN, 2010. 201 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.

CARVALHO, O.O. **Perfil industrial da cerâmica vermelha no Rio Grande do Norte.** Natal: FIERN; SENAI, 2001.

COSTA, ANAXSANDRA. **Incorporação de lodo de esgoto na massa cerâmica para a fabricação de tijolos maciços: Uma alternativa para a disposição final do resíduo.** 2008.

DAVID, AIRTON CHECONE. **Secagem térmica de lodos de esgoto: determinação da umidade de equilíbrio.** 2002. 163 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002. **Reator UASB para tratamento biológicos de esgoto.** São Paulo: Revista Tae, 06 abr. 2015.

ELIAS, X. **A fabricação de materiais cerâmicos.** Barcelona: Ecnothermia Cerâmica S. I. Matardepera, 1995.

ITAÚ. **Enciclopédia itaú cultural de artes visuais: cerâmica – definição.** Disponível em:

<[http://www.itaucultura.org.br/aplicExternas/enciclopédia\\_IC/index.cfm?fuseaction=termos\\_texto&cd\\_verbete=4849](http://www.itaucultura.org.br/aplicExternas/enciclopédia_IC/index.cfm?fuseaction=termos_texto&cd_verbete=4849)>. Acesso em: 22 de setembro de 2018.

IOSHIMOTO E.; THOMAZ E. **Materiais cerâmicos para construção civil.** São Paulo, 1990.

IWAKI, GHEORGE. **Destinação final de lodos de ETAs e ETEs.** 2017. 12 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenheiro Agrônomo, Portal Tratamento de Água, Barueri - sp, 2017.

MALTA, TATIANA S. **Aplicação de lodos de estações de tratamentos de esgotos na agricultura: Estudo do caso do município de Rio das Ostras – RJ.** [Mestrado] Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública; 2001.

NORTON, F. H. **Introdução à tecnologia cerâmica.** São Paulo. 1973.

OLIVEIRA, F. E. Marrocos. **Acompanhamento da produção industrial em cerâmica de microrregião do vale do assu: estudo de caso.** 2011.

OLIVEIRA, ALINE S. **Tratamento de esgoto pelo sistema de lodos ativados no município de Ribeirão Preto, SP: Avaliação da remoção de metais pesado.** 2006.

PIRES, G. Z. et al. **Adição de lodo de esgoto da E.T.E. do município de JAGUARIÚNA em tijolos cerâmicos: Estudo de viabilidade.** 2012.

SANTOS, ÁRTANO SILVA. **As argilas como matérias-primas cerâmicas.** 2009. 16 f. Tese (Doutorado) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009.

**Documentos candidatos**

ulbra-to.br/bibliote... [0,82%]

infoescola.com/meio-... [0,75%]

todamateria.com.br/p... [0,33%]

scielo.br/pdf/rbme/v... [0,2%]

projectreactor.io/do... [0,05%]

docs.microsoft.com/e... [0,04%]

docs.microsoft.com/e... [0,04%]

pt.scribd.com/docume... [0,03%]

en.wikipedia.org/wik... [0,01%]

Arquivo de entrada: TCC 2 - Rodrigo Elias.pdf (5562 termos)

Arquivo encontrado		Total de termos	Termos comuns	Similaridade (%)
ulbra-to.br/bibliote...	Visualizar	10705	133	0,82
infoescola.com/meio-...	Visualizar	592	46	0,75
todamateria.com.br/p...	Visualizar	1123	22	0,33
scielo.br/pdf/rbme/v...	Visualizar	3206	18	0,2
projectreactor.io/do...	Visualizar	419	3	0,05
docs.microsoft.com/e...	Visualizar	890	3	0,04
docs.microsoft.com/e...	Visualizar	1010	3	0,04
pt.scribd.com/docume...	Visualizar	179	2	0,03
en.wikipedia.org/wik...	Visualizar	1467	1	0,01
ocw.mit.edu/courses/...	Visualizar	1709	0	0

