

Uso de lodo provenientes de unidades industriais de tratamento de águas (ETA's) na fabricação de materiais de construção – revisão

Felipe Machado Freire¹; Daiane Cecchin²; Izabella Christynne Ribeiro Pinto Valadão³

¹Desenhista industrial, mestrando de Engenharia Biossistemas, UFF, Niterói, RJ

²Engenheira agrícola, Professora do Mestrado em Engenharia Biossistemas, UFF, Niterói, RJ

³Engenheira civil, Professora do Mestrado em Ciências do Meio Ambiente, UVA, Rio de Janeiro, RJ

fellipe.freire.uff@gmail.com, daianececchin@yahoo.com.br, izavaladao5@gmail.com.

Resumo Atualmente a construção civil é responsável por consumir grande parte das reservas naturais disponíveis no planeta, assim como, as unidades industriais de tratamento de águas (ETA's) são responsáveis pela cogeração de toneladas de resíduos sólidos dispostos sem tratamento nos mais variados ecossistemas. Objetivou-se com essa pesquisa sistematizar uma revisão bibliográfica acerca da influência do lodo de ETA's na fabricação de materiais de construção. As informações foram coletadas por meio de buscas na literatura, e em bases de dados como: IBICT, SCIELO, Periódicos Capes e Science Direct. Observou-se limitações na formulação de misturas homogêneas entre o lodo de ETA's e os insumos já consagrados na fabricação de materiais de construção, e que tais resultados, estão relacionados a métodos experimentais pouco evidenciáveis e a ausência de padrões relevantes. Diante dos dados analisados, conclui-se que a substituição mesmo que parcial do solo por lodo de ETA na fabricação de materiais de construção a base de solo-cimento provocam alterações significativas nas propriedades tecnológicas (absorção de água, massa específica bulk e resistência a ensaios mecânicos de compressão) e que o alto índice de matéria orgânica interfere na hidratação do cimento gerando diversas restrições de aplicação neste segmento.

Palavras-chave: Materiais de construção, lodo de ETA, solo-cimento

Abstract Currently the construction industry is responsible for consuming a large part of the natural reserves available on the planet, as well as the industrial water treatment plants (ETAs) are responsible for the cogeneration of tons of solid waste disposed without treatment in the most varied ecosystems. The objective of this research was to systematize a bibliographical review about the influence of ETA sludge in the manufacture of construction materials. The information was collected through searches in the literature, and in databases such as: IBICT, SCIELO, Periodical Capes and Science Direct. Limitations were observed in the formulation of homogeneous mixtures between ETA sludge and the already consecrated inputs in the manufacture of construction materials, and that such results are related to experimental methods with little evidence and lack of relevant standards. Considering the data analyzed, it is concluded that even partial replacement of soil by ETA sludge in the manufacture of soil-cement-based building materials causes significant changes in the technological properties (water absorption, specific bulk mass and resistance to tests mechanics) and that the high organic matter content interferes with the hydration of the cement, generating several application restrictions in this segment.

Keywords: Building materials, ETA sludge, soil-cement.

1 Introdução

Atualmente uma das principais preocupações mundiais está relacionada com a gestão dos recursos naturais disponíveis, a degradação do meio ambiente e suas respectivas consequências para as gerações futuras (ONU, 2016). Com o avanço urbano, a demanda de produtos, bens e serviços crescem proporcionalmente com a geração de resíduos (LOPES, 2006), sendo grande, a influência das ETA's na cogeração e despejo de toneladas de lodo (IBGE, 2008) gerados nos processos de tratamento químico e manutenção do sistema e equipamentos (ACHON *et al.*, 2013).

Estima-se que o tratamento de água no Brasil gera aproximadamente 4 milhões de toneladas por ano de lodo (SILVA, 2011) e seu eventual lançamento em corpos hídricos, segundo Pompêo (2017), desregula o ecossistema aquático e gera a proliferação de espécies macrófitas, ocasionando efeitos deletérios de ordem econômica, estética e ecológica (KATAYAMA, 2014; GOUVEIA, 2012). Sendo assim, diversos segmentos da

sociedade vêm buscando alternativas para minimização desses efeitos (ALEXANDRIA e LOPES, 2008), principalmente através do reaproveitamento desses resíduos (PINHEIRO e HOLANDA, 2013; BEGUM *et al.*, 2013).

Diante dos avanços tecnológicos alcançados nos últimos anos pela indústria da construção civil, materiais como o cimento, argamassa, concreto, tijolo cerâmico e tijolo de solo-cimento (MOTTA *et al.*, 2010; FIAIS e SOUZA, 2017), vêm sendo considerados para este fim (PEREIRA e PEZZUTO, 2010; TURGUT e ALGIN, 2007). Além de gerar uma diminuição da extração de argila e a baixa emissão de CO₂ na atmosfera causadas pela fabricação do cimento e pelo cozimento dos tijolos cerâmicos, fazem do tijolo solo-cimento um bom exemplo de alternativa sustentável (SILVA, 2009; VALADÃO *et al.*, 2017).

Embora recente, o modelo de construção sustentável foi impulsionado no mercado brasileiro pela adoção de políticas conservacionistas do início do século (PINHEIRO 2006 e CÔRTEZ, 2011), principalmente a lei 12.305 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010) e incentivou a melhor fiscalização dos passivos ambientais (LUCHEZZI e TERENCE, 2013). Por considerar o aproveitamento do meio natural e o desenvolvimento tecnológico para uma maior poupança energética (PACHECO e SAID, 2007), sem esquecer os aspectos estéticos e de qualidade, a construção sustentável vem ao longo dos anos, diminuindo os impactos ambientais do setor que, de acordo com Oscar Neto (2004), chega a descartar 1/3 da matéria prima utilizada.

Portanto, diante dos impactos ambientais e da necessidade de solucioná-los, essa pesquisa tem como objetivo sistematizar uma revisão bibliográfica acerca da influência do lodo de ETA's na fabricação de materiais de construção

2 Metodologia

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa exploratória, de caráter bibliográfico, a qual visa buscar informações relevantes no que diz respeito ao uso de lodo provenientes de unidades industriais de tratamento de águas (ETA's) na fabricação de materiais de construção. Essas informações foram coletas por meio de buscas na literatura e em base de dados como: IBICT, Scielo, Periódicos Capes e Science Direct.

3 Resultados e discussões

Historicamente o setor industrial é o que mais demanda recursos naturais e degrada o meio ambiente (SJÖSTRÖM, 2000) e tanto em obras de construção como operações de manutenção, chegam a beneficiar cerca de 75% dos recursos disponíveis no planeta (LUCHEZZI e TERENCE, 2013). Além dos impactos gerados no processo de extração e beneficiamento, a construção civil (ANDRADE *et al.*, 2014) é considerada responsável pela geração da maior parcela de resíduos de toda a sociedade (SANTOS, SUZART e SILVA-JUNIOR, 2013).

A ineficácia das políticas públicas de recursos hídricos e saneamento, aliada à falta de consciência ambiental da população, influenciam através dos anos, a redução gradativa da qualidade da água bruta disponível nos mananciais e consequentemente o aumento do uso de produtos químicos nos processos de tratamento das ETA's, favorecendo a geração de maior quantidade de resíduos industriais (RAMIREZ, 2015) em função da tecnologia de tratamento aplicada (DI BERNARDO *et al.*, 2012). De forma resumida, Kondageski (2013) descreve que,

primeiramente a água bruta recebe uma carga de sais de ferro ou alumínio, favorecendo a desestabilização das partículas coloidais, as quais geram flocos que são sedimentados em unidades de decantação que posteriormente são filtrados. Somente após esse processo, a água atinge as condições necessárias para o consumo humano, através da clarificação.

Em relação à estimativa de geração de resíduos provenientes das ETA's e a destinação final, Di Bernardo (2012), relata que do total de municípios brasileiros, assistidos por unidades de tratamento águas, 25,43% dispõe os resíduos em rios, 0,13% no mar, 8,32% em terrenos baldios, 1,49% em aterros sanitários e 4,42% em outros lugares, prática que apresenta riscos à saúde pública e aos ecossistemas envolvidos e que vem sendo questionada pelos órgãos reguladores ambientais ao longo dos últimos anos (CAMARGO *et al.*, 2014).

Nóbrega *et al.* (2011), afirmam que as ETA's podem ser consideradas como mini fábricas de resíduos, e que, em 2011, o Brasil gerava em média 762.500 m³/dia de lodo proveniente delas. Grande parte da geração dos lodos ocorre no processo de desestabilização, quando os decantadores são submetidos à limpeza com produtos químicos, conforme relata Cordeiro (2002). Ramirez (2015), considera que o lodo de ETA é formado por água, sólidos suspensos, colóides e produtos químicos, já na perspectiva de Dvorak (2007), estão presentes algas, bactérias, partículas orgânicas suspensas, manganês, ferro, magnésio, argila, areia, siltes e cálcio, provenientes dos sólidos orgânicos e inorgânicos.

Sobre a composição química do lodo de ETA, Lin (2006), Chatveera (2009), Yague (2005), Chen (2010) e Rodrigues (2015) relatam a presença recorrente dos elementos SiO₂ (Dióxido de Silício), Al₂O₃ (Óxido de Alumínio), Fe₂O₃ (Óxido de Ferro), CaO (Óxido de Cálcio), MgO (Óxido de Magnésio), K₂O (Óxido de Potássio) e Na₂O (Óxido de Sódio). Embora estejam presentes em quase todas as caracterizações, essas substâncias, se apresentam com diferentes intensidades em sua composição (RODRIGUEZ *et al.*, 2015).

A variabilidade na composição dos lodos de ETA's, conforme relatam Andreoli e Carneiro (2013), está diretamente relacionada ao tipo e a qualidade dos mananciais utilizados, bem como as características do substrato geológico e solo, tipologia florestal, relevo, declividade, bem como a influência do manejo e ocupação do solo, fatores climatológicos, tipos e intensidade dos coagulantes utilizados nos tratamentos. Que por sua vez, dependem de alguns parâmetros (TARTARI, 2011 e DI BERNARDO, 2012), tais como demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), alcalinidade, pH, indicador de teor de matéria orgânica, turbidez, carbono orgânico total (COT), concentração de sólidos voláteis (SV) e indicadores bacteriológicos como coliformes totais, coliformes termotolerantes, E. Coli, Cisto de Giárdia, Oocisto de *Cryptosporidium* (CORDEIRO e SALES, 2001).

A correta destinação dos lodos de ETA's, conforme descrito por Hoppen (2004), é uma tarefa extremamente onerosa, dada as restrições ambientais e os custos de transporte entre as unidades e os locais de disposição final. Por isso, seu uso na fabricação de materiais de construção tem sido cada vez mais incentivado. No entanto, os lodos estão, em sua maioria, dissolvidos em água, conforme afirmam Lustosa *et al.* (2017) e para seu adequado aproveitamento é necessário submetê-los a operações de adensamento para retirada de umidade.

Araújo e Holanda (2008) mencionam que o lodo extraído de ETA quando retirado e processado, possui baixo percentual de umidade e parâmetros geotécnicos de consistência e distribuição granulométricas assemelhados aos solos tropicais, os quais são ricos em óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, assim como os solos que sofrem

intemperismo. Sobre aspectos físicos, o autor acrescenta, que quando submetidos aos ensaios de caracterização, geralmente possuem índice de consistência similares aos solos utilizados como matéria prima para construção.

Megda *et al.* (2005) relatam que, a incorporação material na fabricação de insumos para a construção civil além minimizar os impactos ambientais e custos relacionados a gestão e destinação final é uma oportunidade de aumentar a receita para ambos os setores. Dentre algumas alternativas do uso do lodo de ETA na construção civil, pode-se citar Chen *et al.* (2010), Sullivan *et al.* (2010) e Yen *et al.* (2011) que propuseram a produção de cimento com a adição do lodo de ETA. Sogancioglu *et al.* (2013), Chatveera *et al.* (2006) e Yague *et al.* (2005), propuseram o uso na produção de concreto. Mehta *et al.* (2008), Tartari *et al.* (2011), Kizinievic *et al.* (2013) e Martínez-García *et al.* (2012) analisaram seu incremento na fabricação cerâmica, Rodriguez *et al.* (2010), pesquisaram sua adição em argamassa, assim como Fontanive *et al.* (2008), Fadanelli e Wiecheteck (2010) realizaram estudos relacionadas a sua adição em misturas solo-cimento.

Chen *et al.* (2010) comentam que a incorporação de lodo de ETA em teores de 4% e 7%, tem efeitos positivos na mistura para a fabricação de produtos cimentícios, melhorando a resistência à compressão. Já Brehm *et al.* (2013) relatam em seu estudo a possibilidade da incorporação de lodo de ETA na construção civil seja em materiais cerâmicos com para materiais a base de solo-cimento.

Quanto a composição química e microbiológicas, Chen *et al.* (2010) asseguram que não apresentaram ameaça ao meio ambiente ou a qualidade dos materiais com ele confeccionados, ao mesmo tempo que Hegazy *et al.* (2012) afirmam que as substâncias presentes no lodo de ETA são bem próximas às existentes nos solos utilizados na fabricação dos tijolos cerâmicos, necessitando apenas de uma temperatura maior de sinterização durante seu processo de cura, devido a presença de sílica e alumina.

Sales e Souza (2009) afirmam que para a produção de argamassa, o lodo suporta os ensaios de compressão axial e de absorção de água. Porém, Rodriguez *et al.* (2010) descobriram que os teores entre 10 a 30% comprometeram a resistência mecânica da argamassa com cimento *Portland*. Chen *et al.* (2010) relatam que para a produção de eco-cimento, a adição de 4% a 7% influencia positivamente na resistência à compressão em insumos cimentícios.

Quanto a sua incorporação no concreto, Huang e Wang (2013) relatam, que teores entre 0,5% e 15%, não compromete a resistência de concreto com agregados leves. Chatveera *et al.* (2006) verificaram que quanto maior a proporção do lodo, menor era a resistência mecânica e maior o módulo de elasticidade. Da mesma forma Yague *et al.* (2005), afirmam que teores entre 2,5% e 10% já comprometem sua resistência mecânica, não sendo indicado para elementos estruturais e Hoppen *et al.* (2005), que teores em torno de 5% podem ser utilizados na fabricação de artefatos, blocos e pavimentos rígidos.

Analogamente, Hegazy *et al.* (2012) propõem a incorporação de lodo de ETA em teores de 25% e 50% na mistura para a fabricação de tijolos, com utilização adicional de 25% de sílica ativa e 25% de cinza de casca de arroz. Para Fadanelli *et al.* (2010) a incorporação em teores entre 3% e 7% na fabricação de tijolos solo-cimento fragiliza a qualidade do conjunto, comprometendo o índice de retração volumétrica e a sua durabilidade. Por outro lado, Silva e Fungaro (2011), relacionaram o insumo de 5 a 10% com a baixa resistência dos tijolos, mas também com possíveis falhas quanto a granulometria do material e ao teor de cimento utilizado.

Já Porras *et al.* (2008) relatam que ao incorporar teores entre 10% e 25% na fabricação de tijolos de solo-cimento, os valores de absorção de água e compressão axial, não atenderam as recomendações da norma.

4 Conclusões

O incremento do lodo de ETA como alternativa na composição e fabricação de materiais de construção, contribui para a diminuição dos impactos ambientais causados pelo descarte e armazenamento deste material.

A influência da matéria orgânica na mistura solo-cimento, mesmo em pequenas frações, interfere no processo de hidratação do cimento, comprometendo sua aplicação estrutural, desempenho e permeabilidade, favorecendo assim, o aparecimento de fissuras e trincas.

Na argamassa, essas mesmas substâncias, influenciam no retardamento das taxas de hidratação, aumentando o período de indução e favorecendo a diminuição da resistência mecânica, além do composto químico mineral induzir a uma formação amorfa do conjunto.

Já em misturas de concreto, essa influência é notada proporcionalmente à adição de lodo na mistura, alterando não só a sua consistência, como comprometendo as propriedades de absorção de água, sucção capilar, razão de vazios e porosidade do conjunto.

Diante dessas considerações, recomenda-se restrições e limitações do uso do lodo de ETA na composição de materiais de construção, mesmo sendo ele considerado uma matéria-prima em abundância. Pois, mesmo em proporções pequenas, a incorporação do lodo compromete sua aplicação. Esta revisão sugere mais investigações acerca das frações logarítmicas entre lodo e misturas de solo-cimento em materiais de construção, assim como processos de tratamento aplicados no resíduo para esta finalidade.

5 Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com o apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Brasil (CAPES). Código de Financiamento 001.

6 Referência Bibliográfica

Achon CL, Barroso MM, Cordeiro JS (2013) Residues of water treatment plants and ISO 24512: challenge of the Brazilian sanitation. Eng. Sanit Ambient 18 (2): 115-122. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522013000200003>

Andrade CF, Silva CM, Oliveira F de CO (2014) Gestão ambiental em saneamento: uma revisão das alternativas para tratamento e disposição do lodo de ETA e seus impactos na qualidade das águas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 5, Belo Horizonte, MG

Alexandria SSS, Lopes GRL (2008) Terra na construção civil: Edificações de Adobe no Município de Pedro II, Piauí. In: ENTAC - Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído: Inovação e Sustentabilidade, 12, Fortaleza, CE

Araújo FSD, Holanda JNF (2008) Influência da adição de resíduo (lodo) de estação de tratamento de águas nas propriedades e microestrutura de cerâmica vermelha. Cerâmica 54:167-173. <https://doi.org/10.1590/S0366-69132008000200005>

Begum BSS, Gandhimathi R, Ramesh ST, Nidheesh PV (2013) Utilization of Textile Effluent Wastewater Treatment Plant Sludge as Brick Material. *Journal of Material Cycles and Waste Management* 15:564-570

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei Nº 12305/2010 - "Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências."

- Data da legislação: 02/08/2010 - Publicação DOU, de 03/08/2010. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm > Acesso em: 10 JUN 2018

Brehm FA, Kulakowski MP, Evaldt DC, Moraes CAM, Pampanelli AB (2013) 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* 13 (2):15-27

Camargo RPL, Costa OS, Fernandez IL, Gois F, Silva C, Santos GA (2014) Caracterização físico-química e bacteriológica dos resíduos de ETA: a importância do seu estudo. *Revista Eclética Química* 39 (1): 81-90

Chatveera B, Lertwattanakul P, Makul N (2009) Use of ready-mixed concrete plant sludge water in concrete containing an additive or admixture. *Journal of Environmental Management* 90 (5): 1901-1908. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.01.008>

Chatveera B, Lertwattanakul P, Makul N (2006) Effect of sludge water from ready-mixed concrete plant on properties and durability of concrete. *Cement & Concrete Composites* 28 (5): 441-450. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2006.01.001>

Chen H, Ma X, Dai H (2010) Reuse of water purification sludge as raw material in cement production. *Cement and Concrete Composites*. 32 (6): 436-439. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2010.02.009>

Cordeiro JS (2002) Micro propriedades de Lodos Gerenciados em Decantadores de Estações de Tratamento de Água. In: XXVIII Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Cancún, México, Memórias.

Côrtes RG, França SLB, Quelhas OLG, Moreira MM, Meirino MJ (2011) Contribuições para a sustentabilidade na construção civil. *Revista Eletrônica Sistemas & Gestão* 6 (3): 384-397

Cordeiro JS, Sales A (2001) Imobilização da fase sólida de lodos de estação de tratamento de água (ETA's). In: Resíduos Sólidos do Saneamento: Processamento, Reciclagem e Disposição Final. PROSAB. Curitiba

Hegazy BEE, Fouad HA, Hassanain AM (2012) Incorporation of water sludge, silica fume, and rice husk ash in brick making. *Advances in Environmental Research* 1(1): 83-96

Huang CH, Wang SY (2013) Application of water treatment sludge in the manufacturing of lightweight aggregate. *Construction and Building Materials* 43:174-183. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.02.016>

Lustosa, JB, Bracarense DC, Castro FMS, Queiroz SCB, Silva GG (2017) Tratamento e aproveitamento de água de lavagem de filtro em estação de tratamento de água. *Revista DAE* 206 (1671): 44-61

Dvorak MA (2007) Interferências no Processo de Tratamento das Águas de Recirculação de Lavagem dos Filtros: Estação de Tratamento de Água do Iraí – SANEPAR. Dissertação, UFPR - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Di Bernardo L (2012) Métodos e Técnicas de Tratamento e Disposição dos Resíduos Gerados em Estações de Tratamento de Água. Luiz Di Bernardo, Angela Di Bernardo Dantas, Paulo Eduardo Nogueira Voltan. São Carlos, LDiBe

Fadanelli L, Wiecheteck GK (2010) Estudo da utilização do lodo de estação de tratamento de água em solo cimento para pavimentação rodoviária. *Revista de Engenharia e Tecnologia* 2 (2): 31-37

Fiais BB, Souza DS (2017) Construção sustentável com tijolo ecológico. *Revista Engenharia em Ação* UniToledo 2 (1): 94-108

Fontanive A, Oliveira MD, Paula RRC (2008) Avaliação da viabilidade de utilizar lodo de ETA na Produção de tijolo solo-cimento como meio de Destinação final. III Jornada de Iniciação Científica do Cefetes. In: I Jornada de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação

Gouveia N (2012) Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. *Ciência & Saúde Coletiva* 17 (6): 1503-1510

Hoppen C (2004) Reciclagem de lodo de ETA centrifugado na construção civil, método alternativo para preservação ambiental. Dissertação, UFPR – Universidade Federal do Paraná

Hoppen C, Portella, K, Andreoli C, Sales A, Joukoski A (2005) Estudo de Dosagem para Incorporação do Lodo de ETA em Matriz de Concreto, como forma de disposição final. In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES

IBGE (2018). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. Tabela 1755 - Número de municípios, total e os com geração de lodo no processo de tratamento de água, por destino do lodo gerado <Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1755#resultado>> Acesso em: 04 de novembro de 2018

Katayama VT (2014) Quantificação da produção de lodo de estações de tratamento de água de ciclo completo: uma análise crítica. Dissertação, USP - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Kondageski JH, Carneiro C, Andreoli CV (2013) Pesquisas interdisciplinares e a estruturação dos estudos da rede interinstitucional de pesquisa em lodo de água. In: Carneiro, C. andreoli, C. V. (Coord.). Lodo de Estação de Tratamento de Água - Gestão e Perspectivas Tecnológicas. Curitiba, Sanepar, p. 47-66

Kizinievic O, Zurauskiene R, Kizinievic V, Zurauskas R (2013) Utilization of sludge waste from water treatment for ceramic products. *Construction and Building Material* 41 (12): 464-473. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.12.041>

Lin C, Wu CH, Ho HM (2006) Recovery of municipal waste incineration bottom ash and water treatment sludge to water permeable pavement materials. *Waste Management* 26 (9): 970-978. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2005.09.014>

Lopes L (2006) Gestão e Gerenciamento Integrado dos Resíduos Sólidos Urbano – Alternativa para pequenos municípios. Dissertação, USP - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas

Luchezzi C, Terence MC (2013) Logística reversa aplicada na construção civil. *Revista Mackenzie de Engenharia e Computação* 13 (1): 144-160

Martínez-García C, Eliche-Quesada D, Pérez-Villarejo L, Iglesias-Godino FJ, Corpas-Iglesias FA (2012) Sludge valorization from wastewater treatment plant to its application on the ceramic industry. *Journal of Environmental Management* 95: 343-348. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.06.016>

Megda CR, Soares LV, Achon CL (2005) Propostas de aproveitamento de lodos gerados em ETAs. In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES

Mehta PK, Monteiro PJM (2008) Concreto. Microestrutura, Propriedades e Materiais. 1ª edição. São Paulo. IBRACON

Motta JCSS, Moraes PWP, Gláycy N, Rocha GN, Tavares J da C, Gonçalves GC, Chagas MA, Mageste JL, Lucas T de PB (2010) Utilização do resíduo proveniente do desdobramento de rochas ornamentais na confecção de tijolos ecológicos de solo-cimento. In: 2º Seminário da Região Nordeste sobre Resíduos Sólido

Nóbrega CC, Pereira SLM, Barbosa G (2011) Caracterização do lodo residual das lagoas de lodo da estação de tratamento de água – estudo de caso: ETA – Gramame. Hacia la sustentabilidad: Los residuos sólidos como fuente de energía y materia prima. In: 4to Simposio Iberoamericano de Ingeniería de residuos (SIIR)

ONU (2016) ORGANIZAÇÕES DAS NAÇÕES UNIDAS. Má gestão do meio ambiente e dos recursos naturais pode contribuir para surgimento de conflitos. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/onu-ma-gestao-do-meio-ambiente-e-dos-recursos-naturais-pode-contribuir-para-surgimento-de-conflitos/>>. Acesso: 30/10/2018

Oscar N (2004) Tijolo Ecológico é opção econômica para a construção civil: Casas Ecológicas e Sustentáveis. Disponível em Pires IBA. A utilização do tijolo ecológico como solução para construção de habitações populares. Salvador: Universidade Salvador - UNIFACS

Pacheco FT, Said J (2007) Construção sustentável. O caso dos materiais de construção. In: 3º Congresso Nacional de Construção - Coimbra Portugal. Universidade de Coimbra, Portugal, 17-19 dezembro

Pereira DB, Pezzuto CC (2010) Estudo do solo-cimento para a fabricação de tijolos ecológicos. In: Anais do XV Encontro de Iniciação Científica da PUC - Campinas

Pinheiro BCA, Holanda JNF (2013) Obtainment of Porcelain Floor Tiles Added with Petroleum Oily Sludge. *Ceramics Internacional* 39:57- 63.

Pinheiro MD (2006) *Ambiente e Construção Sustentável*. Instituto do Ambiente. Lisboa

Pompêo M (2017) Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas em reservatórios tropicais brasileiros, Instituto de Biociências da USP, São Paulo

Porras A, Isaac RL, Morita D (2008) Incorporação do Lodo das Estações de Tratamento de Água e Agregado Reciclado de Resíduo da Construção Civil em Elementos de Alvenaria - Tijolos Estabilizados com Cimento. *Ciencia e Ingenieria Neogranadina* 18(2): 5-26. <https://doi.org/10.18359/rcin.1486>

Ramirez G (2015) Viabilidade do Aproveitamento de Resíduos de Estação de Tratamento de Água (ETA) na Confeção de Concreto. *Medianeira*

Rodriguez N, Ramirez SM, Varela MTB, Guillem M, Puig J, Larrotcha E, Flores J (2010) Re-use of drinking water treatment plant (DWTP) sludge: Characterization and technological behaviour of cement mortars with atomized sludge additions. *Cement and Concrete Research* 40 (5): 778-786. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2009.11.012>

Ramirez G (2015) Viabilidade do Aproveitamento de Resíduos de Estação de Tratamento de Água (ETA) na Confeção de Concreto. *Medianeira*: [s.n.], 133p

Sales A, Souza FR (2009) Concretes and mortars recycled with water treatment sludge and construction and demolition rubble. *Construction and Building Materials* 23(6): 2362-2370. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2008.11.001>

Santos WPC, Suzart VP, Silva-Junior NFS (2013) Tendência tecnológica para o processo de preparação de compósito à base de solo-cimento e fibra de bananeira para fabricação de tijolos e tecnologias correlatas através da pesquisa em documentos de patentes. *Cadernos de Prospecção* 6(1): 36-44. <http://dx.doi.org/10.9771/cp.v6i1.11455>

Silva MR (2009) Incorporação de lodo de estação de tratamento de água (ETAs) em tijolos de solo-cimento como forma de minimização de impactos ambientais. *Dissertação, Faculdade de Aracruz*

Silva M, Fungaro DA (2011) Caracterização de Lodo de Estação de Tratamento de Água e Cinzas de Carvão Visando sua Utilização na Manufatura de Tijolo. “CLEANER PRODUCTION INITIATIVES AND CHALLENGES FOR A SUSTAINABLE WORLD” São Paulo, Brazil

Sullivan C, Tyrer M, Cheeseman CR, Graham NJD (2010) Disposal of water treatment wastes containing arsenic - A review. *Science of The Total Environment* 408 (8): 1770-1778. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.01.010>

Sogancioglu M, Yel E, Keskin UPY (2013) Utilization of andesite processing wastewater treatment sludge as admixture in concrete mix. *Construction and Building Materials* 46: 150-155. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.04.035>

Sjöström C (2000) Durability of Building Materials and Components. In: CIB Symposium on Construction and Environment: theory into practice. 23-24 de novembro de 2000. São Paulo

Tartari R, Díaz-Mora N, Módenes AN, Pianaro AS (2011) Lodo gerado na estação de tratamento de água Tamanduá, Foz do Iguaçu, PR, como aditivo em argilas para cerâmica vermelha. Parte I: Caracterização do lodo e de argilas do terceiro planalto paranaense. *Cerâmica* 57 (344): 387-394. <http://dx.doi.org/10.1590/S0366-69132011000400003>

Turgut P, Algín HM (2007) Limestone Dust and Wood Sawdust as Brick Material. *Building and Environmental Journal* 42 (9): 3399-3403. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.08.012>

Yague A, Valls S, Vázquez E, Albareda F (2005) Durability of concrete with addition of dry sludge from waste water treatment plants. *Cement and Concrete Research* 35 (6): 1064-1073. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2004.07.043>

Yen C, Tseng DH, Lin TT (2011) Characterization of eco-cement paste produced from waste sludges. *Chemosphere* 84 (2): 220-226. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.04.050>

Valadão ICRP, Domingos FN, Queiroz ILL, Domingos FN (2017) Tijolo ecológico confeccionado com cédulas de dinheiro sem valor, *Revista Semioses* 11(4):64-69. <https://doi.org/10.15202/1981996x.2017v11n4p64>