

CARACTERIZAÇÃO DO LODO DE ETA E DA CINZA DO BAGAÇO DA CANA NA EXPANSÃO DA ARGILA

Isadora Aparecida NOZAWA¹
Elton Aparecido Prado dos REIS²

RESUMO: A indústria da construção civil é uma das maiores responsáveis por consumir recursos naturais, além de ser uma das maiores contribuintes por gerar resíduos urbanos. Desse modo, o trabalho problematiza o estudo de resíduos como aditivos em potencial para a fabricação de novos materiais. Assim, mediante pesquisa bibliográfica e documental, o presente artigo tem como objetivo caracterizar as propriedades e aplicações apresentadas pelo: lodo das estações de tratamento de água (ETA) e a cinza gerada no processo de moagem da cana-de-açúcar, como dois aditivos em potencial para a expansão da argila.

Palavras-chave: Resíduos. Lodo de ETA. Cinza. Argila.

1 INTRODUÇÃO

Desde o princípio, a exploração dos recursos naturais é essencial como forma de garantir a sobrevivência do ser humano. E entre os maiores contribuintes está a indústria da construção civil, uma vez em que, somente a produção de materiais é responsável pelo consumo de cerca de 50% dos recursos naturais que são extraídos (CBCS, 2014).

E apesar da expressividade de tais dados, esses números só tendem a aumentar. Já que os resíduos gerados pela construção civil (RCC) representam a maior parte dos resíduos sólidos urbanos. Ao representar de 50% a 70%, a maioria destes resíduos são semelhantes aos agregados naturais e solos (KRUGER e SEVILLE, 2016).

¹ Discente do 10º termo do curso de Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário “Antônio Eufrásio de Toledo” de Presidente Prudente. isadora.nozawa@gmail.com.

² Docente do curso de Arquitetura e Urbanismo, Engenharia Civil e Engenharia de Produção do Centro Universitário “Antônio Eufrásio de Toledo” de Presidente Prudente. Doutor pelo programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Materiais – POSMAT, com bolsa de auxílio concedida pela FAPESP. elton.reis@toledoprudente.edu.br. Orientador do trabalho.

Nesse âmbito, Teixeira (2010) defende o reaproveitamento de resíduos dentro da indústria da construção civil. Como forma de amenizar os impactos causados ao ambiente, acredita-se que o resíduo possa gerar propriedades equivalentes ou até melhores que a matéria-prima original. Fato este que só impulsiona o ramo de pesquisas a respeito do reaproveitamento de materiais.

Ao refletir o contexto apresentado, o presente artigo, mediante pesquisa documental e bibliográfica, problematiza a aplicação do lodo resultante das estações de tratamento de água e da cinza gerada no processo de queima do bagaço da cana-de-açúcar como aditivos para a geração de um material com propriedades semelhantes ao da argila expandida.

Dessa forma, o trabalho irá discorrer a respeito das características e aplicações pertinentes a cada um dos materiais selecionados para o estudo. Assim, tendo início na argila, o trabalho também abrangerá as características apresentadas pelo lodo de ETA e a cinza gerada na queima do bagaço da cana-de-açúcar, com o objetivo final de propor a incorporação dos mesmos na expansão da argila.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 Argila como Material em Potencial

Desde a Antiguidade, o minério de argila se faz presente na história da humanidade. Aplicada originalmente no Chipre e na Grécia a mais de 5000 mil anos atrás, a argila era considerada um nano-material, à princípio natural e de extrema importância tanto para usos comerciais como industriais (RYTWO, 2008).

Entretanto, somente em 1930, pesquisas relacionadas ao minério de argila tem início. A partir de então, a versatilidade e características apresentadas pelo material, faz com que o mesmo expanda sua demanda e passe a ser incorporado nos mais diversos setores, como o cerâmico, cosmético, medicina, alimentos, engenharias, entre outros (MURRAY, 2007; RYTWO, 2008; MURALI et al., 2018).

Assim, dentre as propriedades da argila que possibilitam essa ampla variedade de aplicações estão: as dimensões apresentadas por suas partículas (nano-

escala) e o fato de que estas permitem fortes interações eletrostáticas, uma vez em que se encontram carregadas eletricamente (RYTWO, 2008).

FIGURA 01 – Extração da argila



Fonte: CERÂMICA SALEMA (2016, s.p.).

Composta por partículas de dimensões menores que 2 μm , os minerais que compõe a argila são formados a partir do processo de intemperismo dos minerais que formam a rocha primária. Considerados silicatos secundários, os minérios de argila são compostos por silicatos de alumínio hidratado adicionado à diversas de outras impurezas (MURALI et al., 2018; URAL, 2018).

São compostos também de matéria orgânica e argilominerais, estes últimos são os responsáveis por atribuir propriedades químicas, físicas, mecânicas e tecnológicas do material. Fato este, que faz com que a argila se caracterize como um material de composições mineralógicas diversificadas e assim, possa ser diferenciada. Desse modo, a composição mineralógica do material implicará diretamente nas propriedades à serem apresentadas pelo produto final (CABRAL JUNIOR et al., 2005; TEIXEIRA, 2006; MORAVIA et al., 2006).

Em relação à sua estrutura, os minérios de argila são compostos por dois tipos básicos: tetraédrico e octaédrico. Isto posto, ambas as estruturas se encontram conectadas entre si, a partir da ligação realizada através de alguns tipos de cátions. No entanto, a alteração de tais estruturas irá resultar na formação de diferentes compostos de argila. E entre os grupos mais comuns estão: a Caulina, Montmorilonita e Ellite, como pode ser observado na FIGURA 02 (MURALI et al., 2018; URAL, 2018).

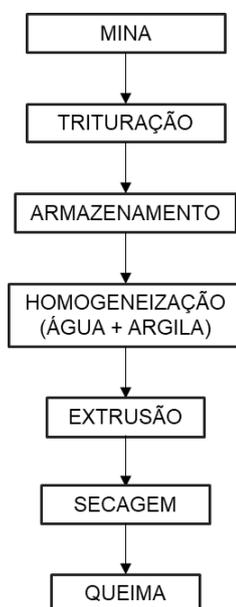
FIGURA 02 – Propriedades apresentadas pelos grupos mais comuns de argila

ESTRUTURAS	CAULINA	MONTMORILONITA	ILLITE
TIPO	1.1	2.1	2.1
UNIDADE ESTRUTURAL	Lâminas Hexagonais	Lâminas Finas	Alongada
CAPACIDADE DE TROCA	Baixa	Alta	Moderada
CAPACIDADE DE CARGA	Baixa	Alta	Moderado
ÁREA DE CONTATO	Baixa	Muito Alta	Alta
GRANULOMETRIA	Larga	Pequena	Intermediário
RESISTÊNCIA NO ESTADO SECO	Baixa	Alto	Intermediário
CONTRAÇÃO E DILATAÇÃO	Baixa	Alta	Intermediário

Fonte: Adaptado de MURALI et al. (2018, p. 9).

Caracterizada como um material barato e abundante, a argila é uma das matérias-primas cerâmicas mais utilizadas no mercado. Com jazidas presentes em todo território nacional, geralmente estas encontram-se próximas aos polos produtores de cerâmica vermelha. Concentrando-se então, em especial, nas regiões sudeste e sul do país (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2009; CALLISTER e RETHWISCH, 2018).

FIGURA 03 – Fluxograma dos processos para produtos realizados a partir da argila



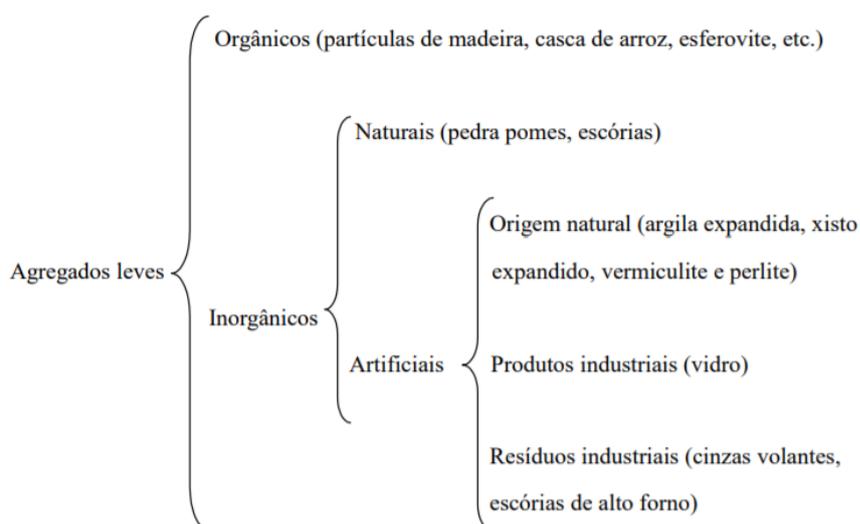
Fonte: Adaptado de MURRAY (2007, p. 141).

Então, seja pela singularidade apresentada por suas propriedades, ou por sua abundância³ no meio natural, a argila é considerada um material imprescindível para os processos pertinentes à indústria cerâmica. Porém, com o avanço da tecnologia e a partir da realização de pesquisas sob este mineral, tem se verificado que a incorporação de resíduos em sua massa pode resultar em ganhos que variam desde questões ambientais, como pode agregar em melhorias das propriedades apresentadas pelo produto final (CABRAL JUNIOR et al., 2005).

2.1.1 Argila expandida

Já na Roma Antiga, agregados leves eram utilizados em construções devido características como seu baixo peso e alta resistência. Um desafio que permaneceu por aproximadamente 2.000 anos, a variabilidade dos agregados naturais só foi notável a partir dos processos de produção industrial. Assim, os agregados leves podem ser classificados em naturais ou artificiais, estes que são obtidos através do tratamento térmico de matérias-primas (EXCA, 2018; MACHADO JÚNIOR, 2019).

FIGURA 04 – Classificação dos agregados leves em função de sua origem



Fonte: SILVA (2007, p. 16).

³ De acordo com o Ministério de Minas e Energia - MME (2009, s.p.), o país conta com 417 minas de argila voltadas para a indústria cerâmica. Uma produção que varia de 1.000 a 20.000 t/mês.

Pertencente à classe dos agregados leves artificiais, a argila expandida foi descoberta por volta de 1885. Entretanto, somente em 1918, Stephen J. Hayde, o engenheiro da indústria cerâmica de Kansas, Estados Unidos, desenvolve o processo industrial com a capacidade de expandir a argila. Assim, denominada originalmente de Haydite, a argila expandida era adquirida por um processo de industrial ao qual a argila era submetida a um forno giratório tubular (SILVA, 2007; MACHADO JÚNIOR, 2019).

Em 1928, tem início nos Estados Unidos a produção comercial da argila expandida. A partir de então, o material passa a ser comercializado e produzido nas mais diversas partes do mundo. No Brasil, a CINEXPAN se mantém como a única fabricante de argila expandida do país. Presente desde 1999, a atual indústria da empresa está localizada na cidade de Várzea Paulista – SP. Nela, aproximadamente 60% de sua produção está voltada para a indústria da construção civil, enquanto o restante, cerca de 40%, volta-se para a indústria têxtil, ornamentações e diversas de outras aplicações como substratos (SILVA, 2007; MACHADO JÚNIOR, 2019).

FIGURA 05 – Tipos de argila expandida comercializada pela CINEXPLAN no Brasil



Fonte: Adaptado CINEXPLAN (s.d., s.p.).

Gerado a partir da argila *in natura*, a argila expandida é um material artificial que pode apresentar diferentes níveis de granulometria. Quanto ao processo

de fabricação, a argila expandida pode ser submetida a dois procedimentos: a sinterização ou o aquecimento rotativo, sendo este último o mais utilizado (MORAVIA, 2006).

Isto posto, de acordo com MORAVIA et al. (2006), o processo por aquecimento rotativo ocorre da seguinte forma: a argila é exposta à uma temperatura em torno de 1.200°C, onde uma parte irá formar uma massa viscosa, enquanto o restante irá se decompor quimicamente e liberará gases. Desse modo, os gases liberados serão incorporados à massa viscosa, onde lá ficarão retidos devido à parte líquida que envolve a partícula. Por fim, a estrutura porosa permanece mesmo após o resfriamento do material, enquanto os gases, sem ter para onde escaparem, farão com que a massa expanda e alcance até sete vezes o seu volume inicial, o que resulta em um material leve e menor.

FIGURA 06 – Esquema do processo de fabricação da argila expandida



Fonte: Adaptado EXCA (2018, s.p.).

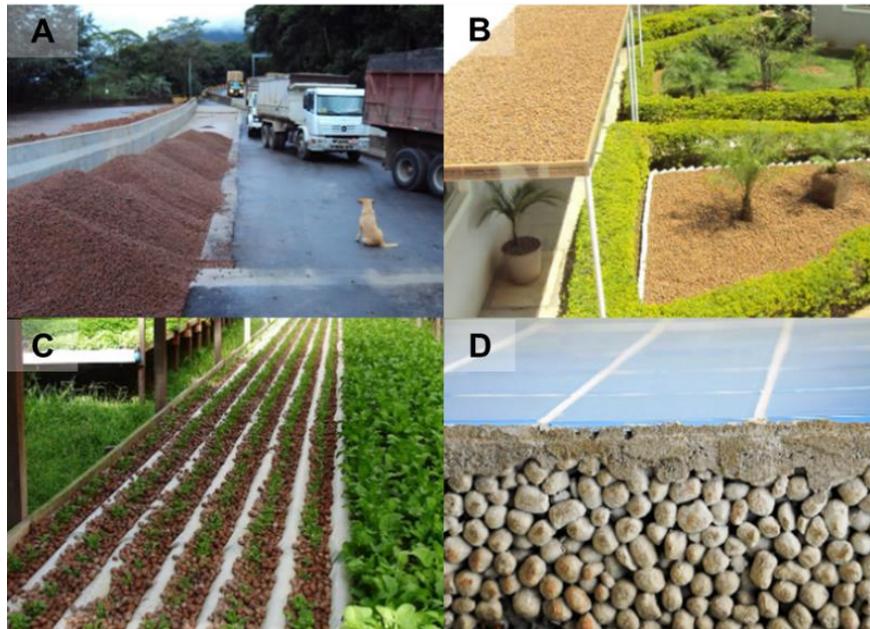
Com diversas granulometrias, a argila expandida é um agregado leve notável, principalmente no ramo da construção civil. Dentre as propriedades que se destacam, além da questão de ser um material leve e reciclável, estão presentes a questão térmica e acústica; durabilidade; força, uma vez em que pode sustentar grandes cargas; quimicamente inerte; resistente ao fogo e também às mudanças climáticas, podendo então, ser utilizada nos polos mais extremos do mundo (EXCA, 2018).

Outro fator notável está na contribuição ambiental. Com características sustentáveis no seu processo, a partir de 1m³ de matéria-prima é possível produzir cerca de 5m³ de argila expandida. Além desse alto rendimento, ainda é possível a adição de resíduos na sua composição, fato este que poderia agregar ao material maiores melhorias de desempenho (EXCA, 2018).

Utilizada à princípio na produção de cascos de barcos, a argila expandida passa a ganhar espaço na construção civil após a Segunda Guerra Mundial. E apesar de ser reconhecida nacionalmente por sua aplicação paisagística e ornamental, a argila expandida possui diversas de outras aplicações (MACHADO JÚNIOR, 2019).

Assim, dentre as aplicações que se destacam estão: uso em tetos jardins como isolantes térmicos; contribuição para impermeabilização; substrato; geotecnia; aplicação como substrato e enchimento; incorporação a outros materiais como, por exemplo o concreto; além também de servirem a outros ramos, como a indústria têxtil (EXCA, 2018; CINEXPAN, s.d.).

FIGURA 07 – Aplicação da argila expandida: Geotecnia (a); Telhado verde (b); Substrato (c); e Isolamento Térmico e acústico (d)



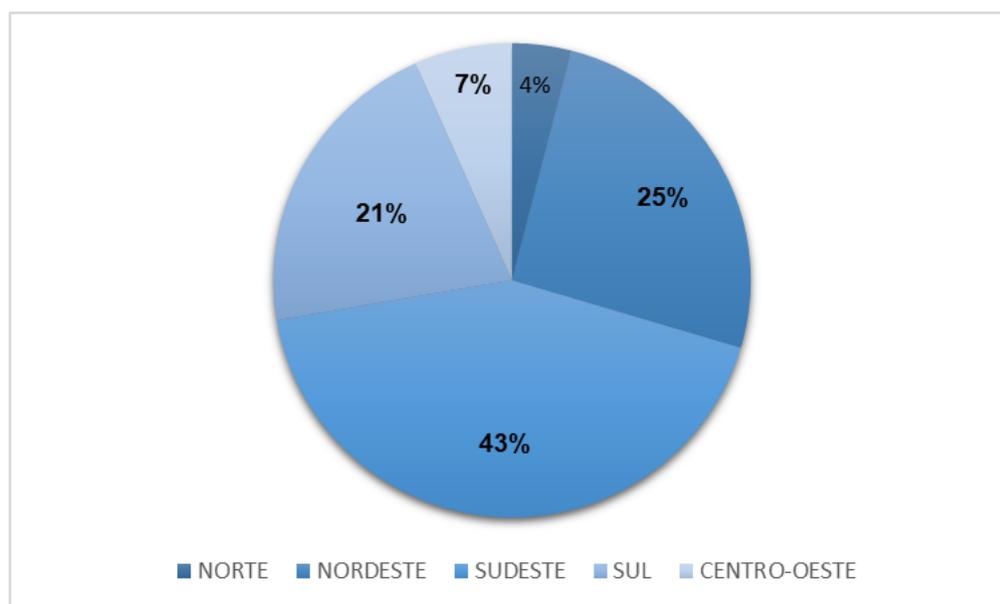
Fonte: Adaptado CINEXPAN (s.d., s.p.).

Dessa forma, por ser um agregado leve, a argila expandida pode apresentar aproximadamente três quartos a menos do que a massa específica de um agregado com massa normal. Fato este, que contribui com a redução da massa das estruturas, proporcionando um melhor isolamento térmico e acústico, além de contribuir com a redução de gastos da construção (MACHADO JÚNIOR, 2019).

2.2 Lodo da Estação de Tratamento de Água

De acordo com os dados divulgados pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – Sabesp (2019), o estado de São Paulo conta com cerca de 240 estações de tratamento de água (ETA). Nestas são tratados até 119 mil litros de água por segundo. Assim, com relação à geração de lodo de ETA, segundo ZANCAN, TONIOLLO e MIOTTO, 2015, no Brasil existem 2.098 municípios que geram o resíduo. Então, ao observarmos a FIGURA 08, podemos verificar a porcentagem de lodo de ETA gerada por cada região do Brasil.

FIGURA 08 – Porcentagem de geração de lodo por região no Brasil



Fonte: Adaptado ZANCAN, TONIOLLO e MIOTTO (2015; p. 2).

Com o objetivo de retirar os materiais em suspensão na água bruta, as etapas que compõem o processo de tratamento da água são: pré-coloração; pré-alcalinização; coagulação; floculação; decantação; filtração; pós-alcalinização; desinfecção; e fluoretação (OLIVEIRA, MACHADO E HOLANDA, 2004; SABESP, 2019).

Entretanto, durante a realização do tratamento, é gerado uma grande quantidade de resíduo, o lodo. Classificado como um resíduo sólido pela lei 12.305/2010, o lodo de ETA é decorrente da aplicação de substâncias químicas na

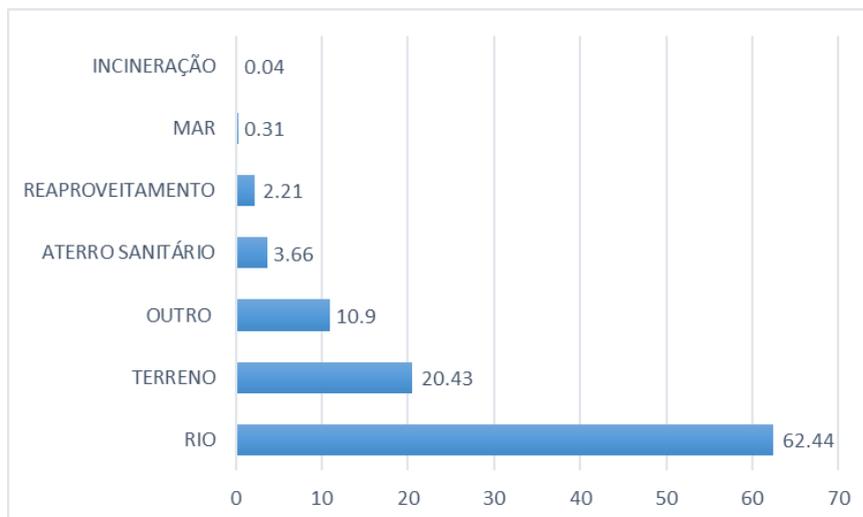
água, em que as características apresentadas por este resíduo dependem da origem e estado da água bruta, dos processos de tratamento e quais substâncias químicas foram utilizadas em seu tratamento (OLIVEIRA, MACHADO e HOLANDA, 2004; ACHON e CORDEIRO, 2015).

Ao compreender cerca de 5% da produção anual da estação de tratamento, a utilização de coagulantes à base de ferro ou alumínio podem aumentar o volume de resíduos sólidos gerados após o tratamento da água. E mesmo sendo um resíduo gerado em grande quantidade, o lodo de ETA ainda não possui um descarte adequado (KATAYMA, 2012).

As leis 9.433/1997, 9.605/1998 e a Resolução do CONAMA nº237/1997 são responsáveis por regularizar e licenciar atividades potencialmente poluidoras no Brasil. Entretanto, grande parte das Estações de Tratamento de Água (ETAs) foram implantadas antes de suas implementações. Assim, poucos eram os projetos que contemplavam uma destinação adequada dos resíduos gerados pelas ETAs (ACHON e CORDEIRO, 2015).

Depositado em aterros sanitários ou mesmo devolvidos à mananciais sem o correto tratamento, o descarte inadequado deste material tem gerado impactos negativo ao meio ambiente. Ao observarmos a FIGURA 09, podemos verificar que o “rio” é o principal destino do descarte de lodo de ETA gerado pelos municípios brasileiros, fato este, que acarretará uma série de impactos ambientais negativos ao local, uma vez em que este, possui uma grande concentração de matéria orgânica e de metais como o ferro (Fe) e o alumínio (Al) (KATAYMA, 2012; ZANCAN, TONIOLLO e MIOTTO, 2015).

FIGURA 09 – Descarte do lodo de ETA pelos municípios brasileiros



Fonte: Adaptado ZANCAN, TONIOLLO e MIOTTO (2015; p. 2).

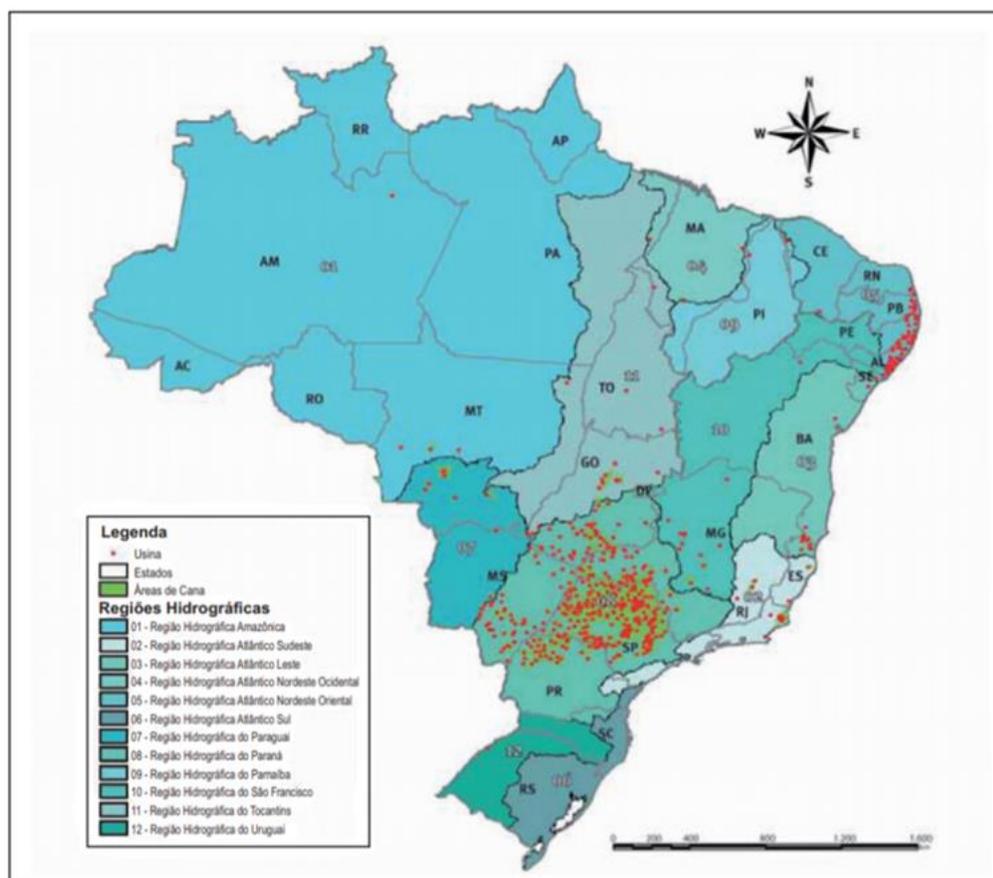
A partir desta problemática, o lodo de ETA vem sendo estudado por muitos pesquisadores. Ao apresentar diversas propriedades que podem ser reaproveitadas na aplicação de outros materiais, o lodo de ETA já está sendo utilizado em algumas propostas. Desse modo, estão em evidência: a recuperação de áreas degradadas; agricultura e jardinagem, em que foram observadas melhorias nas propriedades apresentadas pelo solo; remoção de fósforo de efluentes de estações de tratamento biológico de esgotos; incorporação na fabricação de cimentos e tijolos; inibição da formação de sulfetos em redes de esgoto; e substratos de *wetlands* construídas (KATAYMA, 2012).

2.3 Cinza do Bagaço da Cana-de-açúcar

Original do sudeste da Ásia e presente no Brasil desde o período colonial, a cana-de-açúcar sempre foi uma matéria-prima muito utilizada na produção de álcool, açúcar e aguardente. Assim, em 1975, decorrente a Crise do Petróleo, na tentativa do governo de limitar a dependência do país ao petróleo, foi implementado no Brasil o Programa Nacional do Álcool (Proálcool). A partir de então, a aplicação da cana-de-açúcar foi impulsionada devido a sua aplicação na produção de bioenergia (MACEDO, 2009; CORTEZ, 2016).

Ao observarmos a FIGURA 10, podemos visualizar que a região Sudeste detém a maior concentração de usinas no país. De acordo com CORTEZ, 2016, isso ocorre devido à três fatores, são eles: disponibilidade de terras aptas ao cultivo da cana-de-açúcar, mão de obra qualificada e infraestrutura existente na região.

FIGURA 10 – Localização das usinas de cana-de-açúcar no país



Fonte: CORTEZ (2016, p. 57).

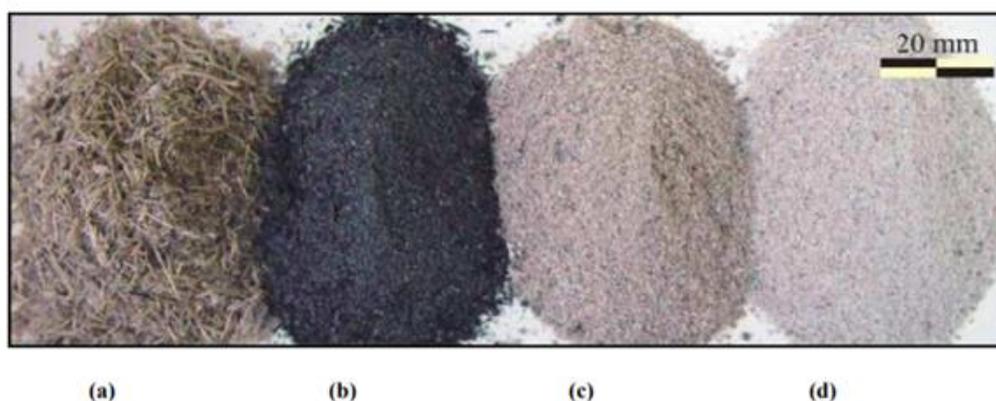
Conseqüentemente, com o crescimento da indústria açucareira, há também o aumento dos resíduos gerados por este produto. Entre os principais resíduos sólidos gerados estão: o vinhoto, a torta de filtro, o bagaço da cana e a cinza do bagaço da cana. Estes, que muitas vezes são descartados no próprio solo para adubação das lavouras (TEIXEIRA, 2006; MACEDO, 2009; CORTEZ, 2016).

Ao representar cerca de 30% da cana integral moída, o bagaço da cana é composto principalmente de sílica (cerca de 70%), além também de ter presente o carbono residual, óxidos de cálcio, potássio, sódio e magnésio. No entanto, a sua composição química pode variar de acordo com o tipo de cana-de-açúcar, aplicação

de fertilizantes e até mesmo fatores naturais (ZARDO et al., 2004; TEIXEIRA, 2006; MACEDO, 2009).

Quanto a sua utilização, através do processo de cogeração, o bagaço da cana era queimado em caldeiras com o objetivo de gerar energia elétrica que pudesse ser utilizada no funcionamento da própria indústria. Assim, como resultado da calcinação do bagaço, está a cinza pesada e a cinza volante. Estas, que podem apresentar colorações variadas de acordo com a temperatura em que são expostas e a quantidade de carbono que é liberado durante este processo de queima, como pode ser observado na FIGURA 11 (MACEDO, 2009).

FIGURA 11 – Bagaço da cana-de-açúcar (a); cinza com alto teor de carbono, combustão incompleta (b); cinza com menor teor de carbono (c); cinza após combustão completa (d)



Fonte: MACEDO (2009, p. 37).

Assim, dentre suas características químicas que se destacam estão: a grande quantidade de dióxido sílico presente em sua massa (maiores do que 60%) e a pouca interação do material em relação ao meio aquoso. Ao exibir esta propriedade apenas quando preparado adequadamente (moído), o material caracterizado como pozolônico passa então a apresentar também, reações com o hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) em temperatura ambiente (ZARDO et al., 2004; MACEDO, 2009).

FIGURA 12 – Composição química apresentada pela cinza do bagaço da cana-de-açúcar

Composição química (%)							
SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Perda ao fogo	Umidade
83.80	1.14	1.14	0.38	0.35	0.09	8.02	1.00

Fonte: MACEDO (2009, p. 40).

Embasado na justificativa apresentada por Lima et. al. (2011), em vista dos resíduos gerados, este trabalho evidencia a cinza gerada na queima do bagaço da cana-de-açúcar no processo de fabricação do açúcar e álcool, devido à problemática de seu descarte.

No Brasil, alguns pesquisadores já estudam a possibilidade de incorporação deste resíduo na produção de outros materiais. Entre eles destacam-se: mistura da cinza do bagaço da cana em mistura de solo-cimento em que se verificou um aumento a resistência à compressão simples; incorporação na produção de cerâmica vermelha com o objetivo de fechar a porosidade aberta; além de ser utilizada como agregado fino na fabricação do concreto, em que se verificou que a cinza apresentava pouca eficiência quando utilizada como material pozolônico (MACEDO, 2009).

3 CONCLUSÃO

Diante das análises apresentadas, é possível concluir que a geração de resíduos não somente pela indústria da construção civil, causam grandes problemas para a meio ambiente ao qual encontram-se inseridas. O que poderia ser evitado, já que grande parte desses resíduos podem ser reaproveitados e incorporados em novas aplicações.

As propriedades apresentadas pela argila expandida, fazem com que ela seja um material bastante reconhecida e utilizada no mercado. Em vista desta demanda em potencial, a inserção de aditivos em sua composição, podem contribuir para que esta tenha suas características aprimoradas e até novas aplicações possam ser descobertas.

Ao analisarmos o lodo da estação de tratamento de água e a cinza do bagaço da cana-de-açúcar podemos verificar potencial nesses resíduos. Ricos em matérias orgânicas, estes são abundantes no país, além de na maioria das vezes não possuem descarte adequado.

Portanto, tendo em vista tais propriedades, a elaboração deste artigo constitui em um resgate bibliográfico que tem como objetivo abordar a possibilidade

da inserção do lodo da estação de tratamento de água e da cinza do bagaço da cana-de-açúcar na expansão da argila.

REFERÊNCIAS

ACHON, Cali Laguna; CORDEIRO, João Sérgio. Destinação e disposição final de lodo gerado em ETA – Lei 12.305/2010. **XIX Exposição de Experiências Municipais em Saneamento**, p.1 – 8, 2015.

CABRAL JUNIOR, Marsis et al. Argilas para Cerâmica Vermelha. **Rochas e Minerais Industriais – CETEM**. p. 583 – 605, 2005.

CALLISTER, W. D. J.; RETHWISCH, D. G. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL (CBCS). **Condutas de Sustentabilidade no Setor Imobiliário Residencial**. Disponível em: http://www.cbcs.org.br/_5dotSystem/userFiles/Projeto/CBCS_Secovi_Condutas_Sustentabilidade.pdf. Acesso em: 21 abr. 2019

CERÂMICA SALEMA. **A importância da argila para a fabricação de cerâmica vermelha**. Disponível em: <http://www.ceramicasalema.com.br/a-importancia-da-argila-para-fabricacao-de-ceramica-vermelha/>. Acesso em: 10 ago. 2019.

CINEXPLAN. **Argila expandida CINEXPLAN**. Disponível em: <https://www.cinexplan.com.br/argila-expandida-cinexplan.html>. Acesso em: 27 jul. 2019.

CRUZ, C. H. B. et al.; CORTEZ, L. A. B. (Org.). **Proálcool 40 anos – Universidade e empresas: 40 anos de ciência e tecnologia para o etanol brasileiro**. São Paulo: Blucher, 2016.

EUROPEAN EXPANDED CLAY ASSOCIATION (EXCA). **Building our future with expanded clay**. Disponível em: <https://www.exca.eu/wp-content/uploads/2015/03/Building-our-future-with-expanded-clay.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2019.

JÚNIOR MACHADO, Antônio Célio. **Avaliação da adição de lodo gerado no tratamento de efluentes frigoríficos (LF) como matéria-prima na fabricação de argila expandida**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, São Leopoldo, 2019.

KATAYMA, Victor Takazi. **Quantificação da Produção de Lodo de Estações de Tratamento de Água de Ciclo Completo: uma análise crítica**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

KRUGER, Abe; SEVILLE, Carl. **Construção verde: princípios e práticas na construção residencial**. Adaptação: Sasquia Hizuro Obata. 1.ed. São Paulo: Cengage Learning, 2016.

LIMA, S. A. et al. Concretos com cinza do bagaço da cana-de-açúcar: avaliação da durabilidade por meio de ensaios de carbonatação e abrasão. **Ambiente Construído**, v.11, p.201 – 212, 2011.

MACEDO, PAMELA CAMARGO. **Avaliação do Desempenho de Argamassas com Adição de Cinza do Bagaço de Cana-de-açúcar**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia – UNESP, Ilha Solteira, SP, 2009.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Desenvolvimento de estudos para elaboração do plano duodecenal (2010 – 2030) de geologia, mineração e transformação mineral**. Disponível em: http://www.mme.gov.br/documents/1138775/1256650/P23_RT32_Perfil_da_Argila.pdf/b6fc71dc-3c0a-4eb1-b2a5-df62b2c3bec0. Acesso em: 07 ago. 2019.

MORAVIA, W. G. et al. Caracterização microestrutural da argila expandida para aplicação como agregado em concreto estrutural leve. **Cerâmica**. p.193 – 199, 2006.

MURALI, K.; SAMBATH, K.; HASHIR, S. M. A Review on Clay and its Engineering Significance. **International Journal of Scientific and Research Publications**, v.8, p.8 – 11, 2018.

MURRAY, Haydn H. **Applied clay mineralogy: Occurrences, Processing and Application of Kaolins, Bentonites, Palygorskite – Sepiolite, and Common Clays**. 1. ed. Amsterdã: Elsevier, 2007.

OLIVEIRA, E. M. S.; MACHADO, S. Q.; HOLANDA, J. N. F. Caracterização do resíduo (lodo) proveniente da estação de tratamento de águas visando a sua utilização em cerâmica vermelha. **Cerâmica**. p.324 – 330, 2006.

RYTWO, Giora. Clay Minerals as an Ancient Nanotechnology: Historical Uses of Clay Organic Interactions, and Future Possible Perspectives. **Revista de la sociedad española de mineralogia**, Upper Galilee (Israel), nº9, p.15 - 17, 2008.

SABESP. **Tratamento de água**. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=47>. Acesso em: 15 mai. 2019.

SILVA, Bruno Miguel Martins. **Betão Leve Estrutural com Agregados de Argila Expandida**. Dissertação (Mestrado em Estruturas de Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – FEUP, Porto – Portugal, 2007.

TEIXEIRA, Silvio Rainho. **Caracterização de argilas usadas para a produção de cerâmica vermelha e estudo das alterações nas suas propriedades pela adição de resíduos sólidos**. Tese (Livre-Docência em Física) – Faculdade de Ciências e Tecnologia – UNESP, Presidente Prudente, SP, 2006.

URAL, Nazile. **The Importance of Clay in Geotechnical Engineering**. Disponível em: <https://www.intechopen.com/books/current-topics-in-the-utilization-of-clay-in-industrial-and-medical-applications/the-importance-of-clay-in-geotechnical-engineering>. Acesso em: 10 ago. 2019.

ZANCAN, N. P.; TONIOLLO, M.; MIOTTO, N. Reaproveitamento de resíduos de ETAS, uma alternativa para o desenvolvimento sustentável. **VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, p.1 – 6, 2015.

ZARDO, A. M. et al. Utilização da cinza do bagaço da cana-de-açúcar como “Filler” em compostos de fibrocimento. **I Conferência latino-americana de Construção Sustentável/ X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, 2004.