

Análise da influência da utilização de resíduos cerâmicos como agregados em concreto e/ou argamassa

Analysis of influence of application of ceramic waste as aggregates in concrete and/or mortar

Diego Menegusso Pires, graduado em Letras Português/Alemão pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, graduando em Engenharia Civil pela Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, bolsista grupo PET - EGC.

diego.msso@gmail.com

Glaucia Adrielle Prauchner Krause, graduanda em Engenharia Civil, UNIJUÍ, bolsista Instituto de Pesquisas Hidráulicas - IPH/UFRGS.

krause.glaucia@gmail.com

Ana Paula Mertins Zawatski, graduanda em Engenharia Civil, UNIJUÍ.

paula_zawatski@hotmail.com

Gabriela Froncek Eder, graduanda em Engenharia Civil, UNIJUÍ.

gabriela-eder@hotmail.com

Lucas Fernando Krug, mestre pela UNISINOS, docente do curso de Engenharia Civil da UNIJUÍ.

lucas.krug@unijui.edu.br

Resumo

Uma das maiores consumidoras de recursos naturais no planeta é a construção civil, e, conseqüentemente, a mais poluente também. Por este contexto, estudos são realizados periodicamente com o intuito de soluções sustentáveis e destinos adequados para os resíduos da construção civil, como a reutilização do próprio resíduo nas etapas da obra. Desta forma, foi realizada uma revisão de literatura sobre o potencial resíduo cerâmico (RC), com o objetivo de análise de pozolanicidade; o comportamento do material e como este pode influenciar no tratamento para utilização em concretos e/ou argamassas; suas influências, sendo estas no estado fresco e no estado endurecido. O traço do concreto e/ou argamassa composto por RC apresenta absorção de água maior que os traços convencionais.

Palavras-chave: resíduo cerâmico, pozolana, reciclagem.

Abstract

One of the largest consumers of natural resources of the Earth is the building construction, and more pollute too. In this context, researchers are realized periodically in order to sustainable solutions and adequate destinies to the building constructions waste, as the reutilization of the waste on the stages of the work. Therefore, review of literature about the potential of the ceramic waste (CW) was carried out, aiming at the analysis of pozzolanicity; as this can influence the treatment for use in concrete and/or mortars; its influences, these being in the fresh state and in the hardened state. The traces of concrete and/or mortar composed of CW show water absorption greater than the conventional traces.

Keywords: ceramic waste, pozzolana, recycling.

1. Introdução

O setor da Construção Civil é de grande importância: econômica, social e tecnológica e, em virtude de sua grandiosidade, tem questões como perdas e desperdícios de recursos, independentemente do tipo avançado de tecnologia empregada, o que tem impulsionado diversas pesquisas nas últimas gerações.

A reciclagem é uma das condições para atingir o desenvolvimento sustentável. Sob o ponto de vista da cadeia produtiva da construção civil, a reciclagem de resíduos é uma das formas de redução do seu impacto ambiental, um dos maiores da sociedade (JOHN, 2000).

A indústria cerâmica é uma das que mais se destacam na reciclagem de resíduos industriais e urbanos, em virtude de possuir elevado volume de produção que possibilita o consumo de grandes quantidades de rejeitos e que faz da indústria cerâmica uma das grandes opções para a reciclagem de resíduos sólidos. Ademais, é uma das poucas áreas industriais que podem obter vantagens no seu processo produtivo com a incorporação de resíduos entre suas matérias-primas. A exemplo da economia de matérias-primas de elevada qualidade, cada dia mais escassas e caras, a diversificação da oferta de matérias primas, e a redução do consumo de energia e, por conseguinte, redução de custos (WENDER e BALDO, 1998).

Os RCD são um dos responsáveis pelo esgotamento de áreas de aterros em cidades de médio e grande porte, uma vez que eles correspondem a mais de 50% dos resíduos sólidos urbanos (ÂNGULO et al., 2001).

A indústria de cimento, necessita de grandes quantidades de combustíveis para queimar matéria-prima e gerar o clínquer, resultando na formação dos seguintes poluentes: dióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x) e, óxidos de enxofre (SO_x), sendo que nestes, o mais comum é o dióxido de enxofre (SO₂) (SOUZA, 2007). O uso de RCD traz benefícios ambientais, diminuindo o consumo de energia e poluentes.

A reciclagem foi vista como sendo apenas uma fórmula de baixar custos, entretanto, como no caso do concreto, a reciclagem é vista como uma ferramenta para melhorar o desempenho do produto (JOHN, 1999).

Levando em consideração o volume excessivo de resíduos cerâmicos e, tendo como objetivo a busca pelo desenvolvimento sustentável, visando o aproveitamento desse resíduo, sua reutilização se caracteriza física e quimicamente como parte da composição de concretos

e argamassas, para formas não apenas alternativas, mas que, através de aperfeiçoamentos de pesquisas, a reciclagem seja vista como necessária e viável.

2. Caracterização do resíduo

Segundo a Resolução 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, os resíduos cerâmicos são classificados na Classe A, como resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados.

Dentre os materiais cerâmicos mais consumidos e, conseqüentemente, que mais geram resíduos de construção e demolição (RCD) estão os provenientes da queima da argila vermelha, como por exemplo os blocos de vedação e estruturais, tijolos e telhas cerâmicos, e consomem cerca de 10,3 milhões de toneladas de argila ao mês (RIBEIRO, 2010), .

Os RCDs podem ser provenientes de construção, demolição, reformas e reparos de edificações e também do processo de fabricação e transporte de peças (HALMEMAN; SOUZA; CASARIN, 2009).

O próprio manuseio dos produtos acarreta a geração de resíduos, sendo que na maioria das vezes, o material não pode ser incorporado ao processo construtivo em andamento, contribuindo para o aumento de material sem valor aparente para o gerador e passível de descarte (KARPINSK, 2009).

Devido ao desenvolvimento técnico e aumento das leis de proteção ambiental, a indústria do cimento, em todo o mundo, vem se interessando em fazer adições de materiais de origem mineral, a fim de substituir parcialmente o clínquer no cimento Portland (MEHTA,1997). Ao fazer as substituições de cimento por adições minerais, cada tipo irá atuar de modo distinto, promovendo diferentes interações com a pasta.

Um material com característica de pozolanicidade é o resíduo de cerâmica vermelha. Este, em seu tamanho original, apresenta pouco potencial pozolânico. Quando moído, essa atividade pozolânica aumenta proporcionalmente, reagindo com o hidróxido de cálcio (CH), podendo ser utilizada em argamassas e concretos (JIMÉNEZ, 2013).

Espera-se que o cimento Portland comum, atenda às diversas necessidades da indústria da construção civil, dentre elas, a durabilidade. Por conterem a sílica em sua forma ativa, as pozolanas podem suprir estas necessidades (SANTOS, 2006). As reações pozolânicas consomem o CH (hidróxido de cálcio), formando o C-S-H secundário (silicato de cálcio hidratado). Essa interação contribui para o refinamento dos poros, dando origem a uma pasta mais densa e homogênea. Ainda, as partículas pequenas propiciam um maior empacotamento com o cimento e diminuem o efeito parede da zona de transição, promovendo o aumento da resistência do concreto (MARTINELLI, 2010).

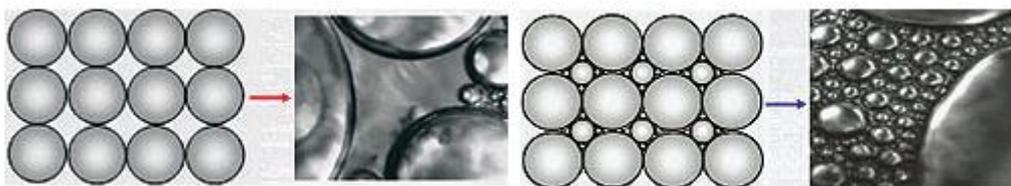


Figura 1 - Falha de empacotamento

Figura 2 - Empacotamento adequado

Figura 1 e 2: Efeito de empacotamento. Fonte: Fonte: Téchne (2010)

As principais características que a utilização de materiais com propriedades pozolânicas em misturas cimentícias podem apresentar são: baixa liberação de calor durante o processo de hidratação e preenchimento dos poros e, conseqüentemente, redução da fissuração e aumento da compactidade, resistência e durabilidade da massa de concreto (SEBASTIANY, 2014).

3. Tratamento para utilização em concretos e/ou argamassas

Os resíduos cerâmicos são pertencentes a classe A, os quais podem ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura. A sua reciclagem ou reutilização vem sendo uma necessidade pela crescente produção do material na indústria brasileira.

O uso de resíduos cerâmicos para produção de concretos estruturais deve ser limitado, funcionando apenas como substituição parcial do agregado natural (HENDRIKS, 2000), da seguinte forma:

- agregado graúdo reciclado de alvenaria: somente para concretos de resistência até 25 MPa (classe B 25).
- agregado miúdo reciclado de alvenaria: recomenda-se misturar com areia natural em teor menor ou igual a 50%. Não usar em concretos aparentes.

Os resíduos classe A da construção civil, por serem uma matéria-prima secundária, geralmente requerem uma série de operações no processo de reciclagem, sendo as mais correntes a identificação, a classificação, a redução e a separação (HENDRIKS, 2000).

Em uma pesquisa, o resíduo cerâmico foi submetido ao processo de moagem, até ser transformado em pó de granulometria fina, para que dessa forma possa ser substituinte ao cimento Portland (PAIXÃO, 2013). O procedimento foi realizado em três etapas:

- quebra em pequenos pedaços, para que em seguida fosse feito moagem em um moinho, assim obtendo-se o pó, com granulometria semelhante à da areia;
- novo processo de moagem com esferas de aço;
- retirada de amostras do moinho, nos intervalos de 1, 2, 4 e 8 horas, para ensaio de granulometria.

4. Tipos de ensaios realizados e suas influências

Os ensaios realizados para conhecer as influências dos RC são divididas em duas ordens: estado fresco (trabalhabilidade; tempo de pega, calor hidratação) e estado endurecido (resistência à compressão, absorção e durabilidade).

Estado fresco:

Trabalhabilidade: uma análise nos concretos sobre sua variação quando constituído por RC, quando elevado o teor de substituição, dimensionada pelo abatimento de tronco de cone. A relação da trabalhabilidade das misturas diminui automaticamente quando o teor de resíduo cerâmico (maior quantidade) é substituído pelo cimento (menor quantidade). Isso desencadeia uma maior necessidade de água para abranger os grãos de maior finura do RC (VIEIRA, 2005).

Tempo de pega: segundo o mesmo autor, para o tempo de pega e para o tempo de fim de pega, a influência do aumento do teor de troca foi menor perante o acréscimo de finura. Ou seja, se a superfície específica do resíduo é maior, menor são os tempos de pega.

Calor de hidratação: ao ser adicionado ao cimento Portland, materiais pozolânicos constituem capacidade de diminuir o calor de hidratação. Assim, essa adição começou a ser usada em construções de concreto de massa, tornando ameno o risco de fissuração térmica, que poderia desencadear problemas consequentes (OLIVEIRA, 2012). Uma análise foi feita por MASSAZZA e COSTA (1979) apud MEHTA (1987) sobre os efeitos de acréscimo pozolânicos sobre o calor de hidratação. Ao utilizar de adições pozolânicas, uma diminuição considerável foi constatada no calor de hidratação. Porém, observou-se também, que a diminuição do calor de hidratação não está diretamente relacionada ao percentual de cimento Portland alterado.

Estado endurecido:

Resistência à compressão: um estudo também foi realizado por Vieira (2005), quando alterou a quantidade de cimento Portland por resíduo cerâmico. A redução na resistência acontece quando substitui o cimento pelo RC. Porém, essa diminuição não foi proporcional ao aumento do teor, pois concretos com até 40% de substituição tiveram apenas 11% de suas resistências reduzidas relacionando com concretos sem substituição.

Durabilidade: ao substituir cimento por RC não desencadeia variação da resistência por compressão diametral. O concreto com RC teve suas resistência à tração por compressão diametral mantida pelo fato de que os hidratados constituídos pela reação pozolânica do RC com dióxido de cálcio, relacionados ao efeito das partículas de RC não reagidas (GONÇALVES, 2007).

Absorção por capilaridade: de acordo com a temperatura de cura, foi analisada a absorção nos concretos com adição de RC. Está feita em duas fases: fase (A) podendo ser caracterizada pelo período de absorção. Nesta etapa o fluxo das águas acontece nos vazios aprisionados, estes decorridos durante a moldagem, e capilares maiores. O período de saturação, fase (B), nos poros capilares menores é onde ocorre o fluxo das águas (VIEIRA, 2005).

5. Características que são influenciadas com sua incorporação

Dizem que agregados com formatos geometricamente definidos possuem maior facilidade de adensar-se do que agregados com formatos indefinidos. O agregado reciclado de cerâmica vermelha possui forma lamelar e uma superfície relativamente lisa quando comparados com o basalto (brita) causando assim um aumento considerável nos resultados do *slump test* quando se substitui o agregado natural pelo agregado reciclado (CAMPOS; MAZINI e NETO, sem ano).

Um estudo sobre o uso de resíduo cerâmico de obras como agregado miúdo para a fabricação de argamassa para revestimento de alvenaria, realizado por Paixão (2013) no estado do Rio de Janeiro conclui que quanto maior o teor de substituição do agregado natural pelo agregado reciclado, menor o espalhamento. A autora ainda complementa que o agregado reciclado retém maior quantidade de água que o agregado natural devido à sua elevada taxa de absorção, o que tende a diminuir a quantidade de água livre nas misturas, contribuindo para a redução do espalhamento. Além disso, o alto teor de finos na composição do agregado miúdo reciclado contribui para o efeito “empacotamento”, o que leva a uma argamassa mais coesa, com menor tendência à segregação entre o agregado e a pasta.

Segundo Campos, Mazini e Neto o teor de absorção do concreto mostra o volume total de poros permeáveis na estrutura do concreto, poros que tenham ligação da superfície com o núcleo do concreto, já o índice de vazios do concreto determina a quantidade total de poros na estrutura do concreto sejam eles permeáveis ou não. A medida que se aumenta o teor de cerâmica no concreto aumenta-se também o teor de absorção de água bem como o índice de vazios. O aumento nos valores de absorção e do índice de vazios conforme a substituição do agregado é justificado pela porosidade característica da cerâmica vermelha e de sua alta capacidade de absorção de água.

Quanto maior o teor de substituição do agregado natural pelo agregado reciclado, menor é a massa específica da argamassa ou do concreto. (TONUS e MINOZZI, 2013). A maior porosidade intrínseca ao agregado reciclado é uma das maiores causas para que ocorra esta redução. Outro fator que contribui para a redução da massa específica da argamassa é que a massa específica do agregado miúdo reciclado é menor que a massa específica do agregado natural (LEITE, 2001).

O teor de ar incorporado está associado à massa específica da argamassa. À medida que a massa específica diminui, a quantidade de ar existente na argamassa aumenta. Essas duas propriedades interferem na trabalhabilidade da argamassa. Uma argamassa com menor massa específica e maior teor de ar incorporado, apresenta melhor trabalhabilidade (MACIEL, BARROS e SABBATINI, 1998).

Quanto maior o teor de substituição do agregado natural pelo agregado reciclado, menor é a densidade de massa aparente da argamassa, o que demonstra a maior compacidade da mistura agregado/aglomerante das argamassas com alto teor de finos (PAIXÃO, 2013).

O aumento do teor de substituição do agregado natural pelo agregado reciclado tende a aumentar a resistência à compressão. A granulometria mais contínua e a maior quantidade de finos apresentada pelo agregado reciclado ajudam no efeito “empacotamento” e contribuem para o fechamento dos vazios. Além disso, como o agregado reciclado possui maior absorção que o agregado natural, pode haver, ainda, maior aderência entre a pasta e o agregado por meio da absorção da pasta e precipitação dos cristais de hidratação nos poros do agregado. Contudo, a substituição total do agregado natural pelo agregado reciclado, apresentou grande prejuízo para a resistência da argamassa, provavelmente consequência do aumento da porosidade da mistura pela dificuldade do adensamento no estado fresco, ocasionada pela elevada absorção do agregado reciclado (PAIXÃO, 2013).

Em até 40% da substituição da brita pela cerâmica vermelha a resistência do concreto manteve-se acima da resistência mínima desejada de 20 MPa (CAMPOS; MAZINI e NETO, sem ano). Quando 100% do agregado foi substituído os valores obtidos para resistência foram de 17,32 MPa aos 28 dias de idade. Acredita-se que esse ganho mais lento de resistência indica que o material cerâmico não fornece propriedades pozolônicas à argamassa de cimento.

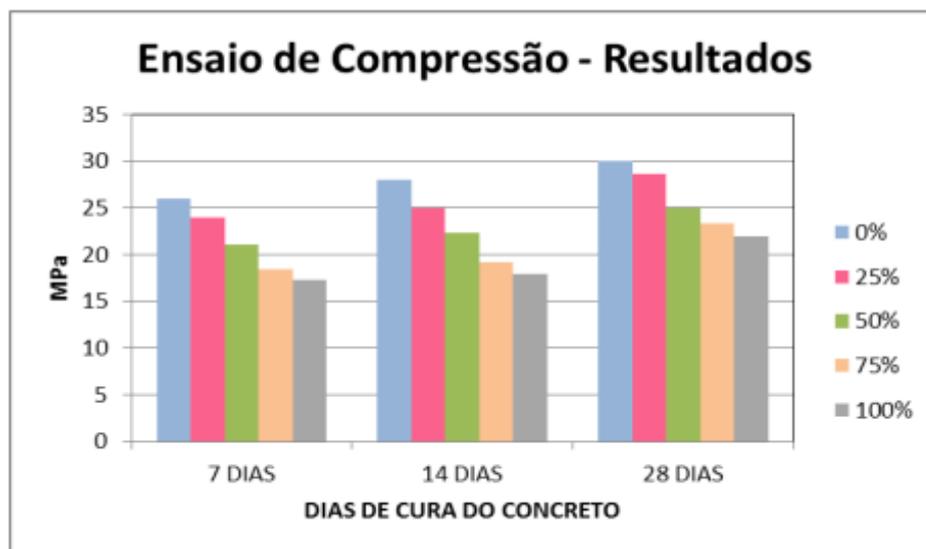


Figura 3: Resultados do ensaio de resistência à compressão. Fonte: Bruna C. M. Fernandes (2015).

Conforme o estudo realizado, é possível perceber que embora a adição do resíduo nas diversas porcentagens ter diminuído a resistência à compressão, a adição de 25% do resíduo na forma de agregado, torna-se viável. Uma possível explicação para a diminuição da resistência à compressão nas demais porcentagens seria a natureza do próprio agregado. Uma vez que a brita é granítica e provavelmente apresenta resistência mecânica superior ao RCD, outro fator que pode ser levado em consideração é o tamanho do RCD, uma vez que apresentou tamanho inferior ao estipulado pela NBR 7211 para agregado graúdo. O resíduo

de construção civil e demolição é um material heterogêneo, cuja natureza é diferente, composto por elementos, irregulares, desiguais e distintos, o que pode comprometer a qualidade final do concreto (FERNANDES, 2015).

Ainda segundo a autora, como agregado para a pavimentação é um material muito usado, devido suas propriedades físicas e mecânicas. O RCD é um material de fácil trabalhabilidade para a pavimentação e há um crescente no uso do reciclado: “a utilização do resíduo de construção e demolição como reforço de um solo residual de basalto torna-se uma técnica viável quando aplicada como base de fundações superficiais, aumentando a capacidade de suporte e reduzindo os recalques.” (FERREIRA; THOMÉ, 2011, p.11).

É possível supor que a alta absorção do agregado reciclado pode contribuir para que haja o efeito de cura interna tardia na pasta. Segundo a autora, quando boa parte da água da mistura foi combinada, existe ainda a água presente no agregado, que pode estar disponível para que as reações de hidratação continuem acontecendo. Além disso, uma possível manifestação pozolânica no material reciclado pode contribuir para que haja um pequeno aumento na resistência da argamassa em idades mais avançadas. O efeito pozolânico pode ocorrer devido à existência de partículas muito finas de argilas pobremente calcinadas nos materiais cerâmicos geralmente presentes nos resíduos de construção e demolição (LEITE, 2001).

Alguns dos valores de resistência encontrados nas primeiras idades são maiores que os valores obtidos em idades mais avançadas para uma mesma mistura. É possível concluir que quanto maior é o teor de substituição do agregado natural pelo agregado reciclado, os valores de resistência alcançados tendem a ser maiores. Entretanto, na substituição total do agregado natural pelo agregado reciclado percebe-se que há uma significativa redução na resistência da argamassa. A alta taxa de absorção do material pode contribuir para o aumento da coesão da mistura, dificultando assim, o seu adensamento, ocasionando aumento da porosidade da argamassa e consequente diminuição da resistência à tração por compressão diametral (PAIXÃO, 2013).

A resistência à tração depende do nível geral de resistência à compressão e quanto maior for a resistência à compressão axial, menor será a relação entre estas duas propriedades. Sendo assim, a relação entre a resistência à tração (f_t) e a resistência à compressão (f_c), aos 28 dias, é de 11-13% para o concreto de baixa resistência, 8-10% para o concreto de média resistência e de 7% para o concreto de alta resistência (METHA e MOTEIRO, 1994).

A relação entre a resistência à tração e a resistência à compressão tende a diminuir com o aumento do teor de substituição do agregado natural pelo agregado reciclado. A grande variação entre a resistência à compressão e a resistência à tração nos concretos se deve a grande quantidade de cristais de hidróxido de cálcio, podendo estes, serem reduzidos através da adição de materiais pozolânicos. A possível manifestação pozolânica do agregado reciclado pode, portanto, ter provocado a redução da relação entre a resistência à tração e a resistência à compressão (METHA e MOTEIRO, 1994).

6. Conclusões

Os materiais com propriedades pozolânicas, por conterem a sílica ativa, podem suprir a necessidade de durabilidade exigida pelos concretos e argamassas, devido ao refinamento dos poros, gerado pela interação com a pasta de cimento. Os resíduos cerâmicos podem ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados para concreto ou argamassa. O traço destes, incorporando o RC, apresenta absorção de água maior que os traços convencionais, o que tende a diminuir a quantidade de água livre nas misturas, contribuindo para a redução do espalhamento. O alto teor de finos na composição do agregado reciclado leva a uma argamassa mais coesa, com menor tendência à segregação entre o agregado e a pasta. Quanto maior o teor de substituição do agregado natural pelo agregado reciclado, menor é a massa específica da argamassa. À medida que a massa específica diminui, a quantidade de ar existente na argamassa aumenta. Essas duas propriedades interferem na trabalhabilidade da argamassa. Em concordância com Souza Santos (1966), quanto mais fino o material cerâmico, mais satisfatório será seu potencial de desempenho, tanto pozolânico quando submetido a faixas ideais de temperatura de queima quanto efeito filler quando a temperatura de queima for diferente desta faixa ideal. Esta substituição fica limitada à disponibilidade de hidróxido de cálcio (CH) disponível para reagir com o material pozolânico incorporado. Logo, na substituição total do agregado natural pelo agregado reciclado percebe-se que há uma significativa redução na resistência. Essa adição, em 25% de resíduo atinge sua máxima ótima de substituição, tendo sua maior resistência. Após esta percentagem, a relação entre a resistência à tração e a resistência à compressão tende a diminuir com o aumento do teor de substituição do agregado natural pelo agregado reciclado.

Quanto a temperatura, o potencial de reatividade do resíduo pode ser associado a temperatura que este material foi submetido em sua forma original. Assim, o potencial varia em concordância com a temperatura de queima. De acordo com Cordeiro (2010), a temperatura ideal para queima para atividade pozolânica é de 550°C e 900°C, ou seja, temperaturas fora desta faixa geram material apenas com efeito filler, para adições em concretos e argamassa.

Portanto, o uso de resíduos cerâmicos para produção de concretos e/ou argamassas deve ser limitado à substituição parcial do agregado natural, conferindo assim propriedades como redução da emissão de calor no processo de hidratação, redução da porosidade e permeabilidade, redução da fissuração e aumento da compacidade, resistência e durabilidade da massa de concreto.

Referências

ÂNGULO, S. C. et al. **Utilização de Pilhas de Homogeneização para Controle de Agregados Miúdos de Resíduos de Construção e Demolição Reciclados**. In: CONSTRUÇÃO 2001: por uma construção sustentável, pp. 713- 720, Lisboa;

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA n. 307, de 5 de julho de 2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos de construção civil. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama>> Acesso em: 21 jul. 2017.

BRUNE, Caroline. **Utilização de resíduo de cerâmica vermelha como substituição parcial do cimento em concretos**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, Ijuí, 2017.

CAMPOS, Cassio F. S. , MAZINI, Giovane B., NETO, Guilherme A. S.; **Análise das propriedades físicas e mecânicas do concreto produzido com resíduo sólido de cerâmica vermelha**. UNOESTE, Presidente Prudente, SP. Cerâmica 56, p. 71 – 76. 2010;

CORDEIRO, G. C.; DÉ SIR, J. M.; **Potencial de argila caulínica de Campos dos Goytacazes, RJ, na produção de pozolana para concreto de alta resistência**.

DORSTHORST, B. J. H.; HENDRIKS, CH. F. **Re-use of construction and demolition waste in the EU**. In: CIB SYMPOSIUM IN CONSTRUCTION AND ENVIRONMENT: THEORY INTO PRACTICE, São Paulo, Brazil, 2000;

FERREIRA, M. C., THOMÉ, A. **Utilização de resíduo da construção e demolição como reforço de um solo residual de basalto, servindo como base de fundações superficiais**. Teoria e prática na engenharia civil. Passo Fundo, n. 18, p. 1 – 12, nov./2011;

GONÇALVES, Jardel Pereira. **Utilização do resíduo da indústria cerâmica para produção de concretos**. Revista Escola de Minas, Ouro Preto, v. 60, n. 4, p. 639-644, 2007;

HALMEMAN, M. C. R.; SOUZA, P. C.; CASARIN, A. N.; **Caracterização dos resíduos de construção e demolição na unidade de recebimento de resíduos sólidos no município de Campo Mourão PR**. Revista Tecnológica, Ed. Especial ENTECA, v. 203, 2009;

HORTEGAL, M. V., FERREIRA, T. C., SANT’ANA, W. C. **Utilização de agregados resíduo sólidos da construção civil para pavimentação em São Luís – MA**. Pesquisa em foco, v. 17, n. 2, p. 60 - 74, 2009;

JIMÉNEZ, J.R.; AYUSO, J.; LÓPEZ, M.; FERNÁNDEZ, J.M.; DE BRITO, J; Use of fine recycled aggregates from ceramic waste in masonry mortar manufacturing. **Construction and building materials**, v. 40, p. 679-640, 2013;

JOHN, V. M. **Panorama sobre a reciclagem de resíduos na construção civil.** In: SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2., 1999, São Paulo. Anais... São Paulo: IBRACON, 1999. p. 44-55;

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: Contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento.** Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2000. 113p;

KARPINSK, L.A. ... [et al.]; **Gestão diferenciada de resíduos da construção civil: uma abordagem ambiental.** Dados eletrônicos. 163 p. Porto Alegre : Edipucrs, 2009;

LEITE, Mônica Batista.; **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição.** Tese de D. Sc., Escola de Engenharia, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001;

MACIEL, L. L.; BARROS, M. M. S. B.; SABBATINI, F. H.; **Recomendações para execução de revestimentos de argamassa para paredes de vedação internas e exteriores e tetos.** São Paulo, 1998;

MARTINELLI JR, A. L.; **Carbonatação natural de protótipos de concreto com cinzas de casca de arroz.** 2010. 124 p. Dissertação (Mestrado) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2010;

MEHTA, P. K. **Bringing the concrete industry into a new era of sustainable development.** In: Proceedings of Mario Collepardi Symposium on Advances in concrete sciences and technology, Italy, p. 49-67, 1997;

METHA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M.; **Concreto: estrutura, propriedade e materiais.** São Paulo, 1994;

MEHTA, P. K. Natural pozzolans. In MALHORTA, V. M. (Coord.). **Supplementary Cementing Materials for concrete.** Canadá: Minister of Supply and Services Canada. V. 1, p. 1-33. 1987;

OLIVEIRA, E. G.; MENDES, O. **Gerenciamento de resíduos da construção civil e demolição:** estudo de caso da resolução 307 do CONAMA. Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2008;

PAIXÃO, Suelen de Oliveira. **Estudo do uso de resíduo cerâmico de obras como agregado miúdo para a fabricação de argamassas para revestimento de alvenaria.** 2013. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Escola Politécnica, Rio de Janeiro, 2013;

RIBEIRO, A. P. **Avaliação do uso de resíduos sólidos inorgânicos da produção de celulose em materiais cerâmicos.** 2010. 142 f. Tese (Doutorado em Engenharia, Metalúrgica e de Materiais) - Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (POLI-USP), São Paulo, 2010;

SANTOS, S.; **Produção e Avaliação do uso de pozolana com baixo teor de carbono obtida de cinza de casca de arroz residual para concreto de alto desempenho.** Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 267 p. 2006;

SEBASTIANY, Lucas Deivid. **Avaliação de métodos de determinação do potencial pozolânico de resíduos da indústria de cerâmica vermelha.** 2014. Universidade do Vale do Rio dos Sinos. UNISINOS, São Leopoldo, 2014;

SOUZA, A. C. **Otimização Global Estocástica Multi-Objetivos na Produção de Cimento com CoProcessamento de Resíduos e Adição de Mineralizadores.** Exame de Qualificação. Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI – Itajubá-MG, 2007;

SOUZA SANTOS, P.; **Cerâmica** 12, 47 – 48, 296, 1966;

TÉCHNE, Revista. **Concretos de alto desempenho com adições minerais e químicas.** Edição 165 - Dez/2010. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/165/concretos-de-alto-desempenho-com-adicoes-minerais-e-quimicas-287804-1.aspx>> Acesso em 29. Nov.2017.

TONUS, Cristian Allan; MINOZZI, Patrícia Ioná; **Utilização de agregados reciclados de alvenaria na produção de concreto para contrapisos.** 2013. Universidade Tecnológica Federal Do Paraná, Pato Branco, 2013;

VIEIRA, A. A. P. **Estudo do Aproveitamento de Resíduos de Cerâmica Vermelha Como Substituição Pozolânica em Argamassas e Concretos.** 2005. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2005;

Wender, A. A., and B. B. Baldo. **O potencial da utilização de um resíduo argiloso na fabricação de revestimento cerâmico-Parte II.** *Cerâmica Industrial*, São Paulo 3.1-2 (1998): 34-36;

_____. **NBR 7211: Agregados para concreto – Especificação.** Rio de Janeiro. 2009.