

DESEMPENHO DE CONCRETO COM RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO

CONCRETE PERFORMANCE USING CONSTRUCTION WASTE

Daniel Leal Brandão¹
Roger Francisco Ferreira de Campos²
Tatiane Morita Oliveira³
Daiane Cristine Kuhn⁴

RESUMO

O agregado reciclado proveniente de RCD se tornou um material de construção mais popular com ampla utilização em vários países do mundo, uma vez que a quantidade de resíduos de construção e demolição produzidos diariamente se tornou uma preocupação ambiental. Portanto, o presente trabalho tem como objetivo analisar as características do comportamento do concreto utilizando agregado reciclado. Para o desenvolvimento do estudo utilizou-se a revisão bibliográfica narrativa, por meio do método dedutivo, obtendo uma abordagem qualitativa sobre o comportamento do concreto utilizando agregado reciclado. A pesquisa mostrou que o aumento do teor da utilização do agregado reciclado em substituição ao agregado natural reduziu a trabalhabilidade e aumentou o índice de vazios e a absorção da mistura. Os resultados encorajam a utilização de agregado reciclado em uma proporção menor que o agregado natural, gerando um ganho ambiental e comportamento mecânico satisfatório. Sendo assim, conclui-se que o concreto com substituição parcial ou integral de agregado reciclado é viável para aplicação em concreto estrutural, mas precisa de incentivo e normas regulamentadoras no Brasil para ser implantado comercialmente.

Palavras-Chave: Agregado reciclado, Resíduo de construção, Concreto reciclado.

¹ Engenheiro Civil e é mestrando em Engenharia Civil pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). E-mail: daniel.brandao@ufpr.br.

² Engenheiro Ambiental e Sanitarista, mestre em Ciências Ambientais pela Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), doutorando em Engenharia Civil pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) e é docente da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP). E-mail: roger@uniarp.edu.br.

³ Engenheira Industrial da Madeira e é mestranda em Engenharia Civil pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). E-mail: tatianemorita@alunos.utfpr.edu.br.

⁴ Engenheira Ambiental e Sanitarista, mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Estadual do Centro Oeste, doutoranda em Engenharia Civil pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). E-mail: daiackuhn@gmail.com.

ABSTRACT

Recycled aggregate from CDW has become a more popular building material with wide use in several countries around the world, as the amount of construction and demolition waste produced daily has become an environmental concern. Therefore, this work intends to analyze the behavioral characteristics of concrete using recycled aggregate. For the development of the study, a narrative bibliographic review was used, through the deductive method, acquiring a qualitative approach on the behavior of concrete using recycled aggregate. The research showed that the increase in the recycled aggregate content in replacement of natural aggregate reduced workability and increased the void rate and absorption of the mixture. The results encourage the use of recycled aggregate in a smaller proportion than the natural aggregate, generating an environmental gain and adequate mechanical behavior. Consequently, it is concluded that concrete with partial or full replacement of recycled aggregate is viable for application in structural concrete, but it needs incentive and regulatory standards in Brazil to be commercially used.

Keywords: Recycled aggregate, Construction waste, Recycled concrete.

INTRODUÇÃO

A geração de resíduos de construção e demolição é um problema crítico da indústria da Construção Civil. Além de impactar negativamente o meio ambiente, afeta também a economia e a sociedade como um todo. Nesse sentido, ações governamentais por meio de legislações têm sido desenvolvidas e ficando cada vez mais rigorosas, buscando conduzir à redução da produção, à correta destinação e à reciclagem daquilo que foi gerado. Além disso, pesquisas por todo o mundo tem buscado quantificar a criação de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) para diferentes tipos de obras, considerando diferentes tipos de variáveis e dados (RIVERA, 2020). Entre os pesquisadores, há uma vasta investigação sobre a utilização deste resíduo da construção civil como agregado, testando variabilidade de materiais e combinações, em busca de um comportamento mecânico satisfatório (GOMES et al., 2019).

Porém, no Brasil ainda há muito por se fazer. Ainda existem questões que são cruciais para uma maior implementação de ações nesse sentido, tais como

custos, cultura local, conscientização, práticas de redução da geração entre outras, além, inclusive, de uma adequada quantificação dos resíduos gerados, regulamento sobre manejo e proporção de agregados reciclados (BRASILEIRO; MATOS, 2015). Portanto, o objetivo deste trabalho é analisar características do comportamento do concreto utilizando agregado reciclado.

Um dos fenômenos mais comuns em países desenvolvidos e em desenvolvimento é a demolição de estruturas antigas e decadentes, como prédios e infraestrutura de tráfego, e sua substituição por novas (BRASILEIRO; MATOS, 2015). As principais razões para esta situação são a necessidade de expansão, deterioração de estruturas antigas, mudanças de propósito, reorganização de um plano de cidade, desastres naturais (terremoto, inundação e incêndio) e outros (FREITAS et al., 2014). Os estudos mostram que é necessária uma correta destinação deste material para que o desenvolvimento seja sustentável (DURAN et al., 2016). Portanto, o presente trabalho tem como objetivo de analisar as características do comportamento do concreto utilizando agregado reciclado

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

CONCRETO GEOPOLÍMERO

Uma das alternativas para o uso de concreto sustentável e ecologicamente correto para a construção civil foi o desenvolvimento de concretos de baixo carbono e que empreguem materiais reutilizáveis da construção civil, como o concreto geopolimérico. O concreto geopolimérico substitui o cimento por resíduos industriais, ou seja, utiliza cinzas e escória para sua mistura junto com a adição de uma pequena quantidade de ativador alcalino necessário para o processo de geopolimerização (WASIN et al., 2020).

Há um grande número de artigos publicados sobre a proporção da mistura, os efeitos sobre a trabalhabilidade, resistência mecânica e propriedades do material do concreto geopolimérico (GPC) nos últimos anos. No entanto, a pesquisa sobre a durabilidade do aço de reforço em vários tipos de GPC é limitada e considerada contraditória com o concreto de cimento Portland comum na literatura. Segundo Paul et al., (2020), escória e cinza volante foram considerados

os principais componentes materiais da maior parte do novo material estudado.

Das et al., (2020) recentemente estudou o desenvolvimento microestrutural em concreto geopolimérico tendo como material cal e sílica substituindo cinzas volantes, em diferentes teores de uso. Verificou-se que aos 7 dias, as partículas de cinza volante não eram totalmente reativas por causa do processo inicial de geopolimerização. No entanto, a microestrutura tornou-se mais compacta e densa após 28 dias. Este efeito também foi relatado por outros pesquisadores. O autor chegou a resultados positivos com o uso de teores de cal e sílica ativa em substituição a 7,5% e 2% da cinza volante, respectivamente, produzindo uma microestrutura densa com maior desempenho estrutural.

Da mesma forma, no caso do concreto com agregado reciclado, busca-se a substituição de materiais mais corriqueiros por materiais advindos de reuso ou reaproveitamento de resíduos que seriam descartados.

AGREGADO RECICLADO COMO UM MATERIAL DE PAVIMENTAÇÃO

O valor de impacto dos agregados fornece uma medida relativa da sua resistência a choques ou impactos repentinos, que em alguns agregados difere de sua resistência a uma carga compressiva aplicada lentamente (SARRAZ et al., 2017)

Testando três amostras de agregado natural e agregado reciclado, o agregado natural apresentou menor valor de impacto de agregado em comparação com o resultado obtido do agregado reciclado. A razão óbvia é que a pasta de cimento fixada ao agregado reciclado afetou diretamente a sua resistência. Observou-se que o seu valor do impacto dos agregados graúdos reciclados varia em 20 a 30 por cento (SARRAZ et al., 2017).

A partir da classificação dos agregados com base no valor de impacto, observou-se que agregados com valor de impacto dentro de um intervalo de 10 a 20 por cento são agregados fortes. Quando o valor de impacto varia de 20 a 30 por cento dos agregados, são considerados satisfatórios para pavimentação de estradas. O autor estipula que valor de esmagamento dos agregados fornece uma medida relativa da resistência de um agregado sob uma carga de compressão aplicada gradualmente. Observou-se que o valor de britagem de agregados graúdos

100% reciclados está em torno de 20 a 30 por cento. No entanto, 100% RCA (concreto agregado reciclado) pode resistir à britagem sob uma carga compressiva aplicada gradualmente para qualquer tipo de estrutura de pavimento (SARRAZ et al., 2017).

Em ambos os testes, os valores são maiores do que o agregado normal. Os autores então, consideram que o AR (agregado reciclado) é adequado para aplicação prática em estradas, ponto também debatido entre outros pesquisadores. Segundo Zhang et al., (2021) os dados inferem que a resistência à compressão da mistura sob diferentes teores de AR pode atender aos requisitos da camada de base para rodovias de segunda classe na China. Quando o AR é fixado em 25% e 50%, pode-se concluir que as propriedades mecânicas das misturas estabilizadas com cimento mudam linearmente pela avaliação da matriz difusa. Mas quando o conteúdo de AR aumenta de 50% para 75%, as propriedades mecânicas se deterioram rapidamente. À medida que o teor de AR aumenta, o efeito do conteúdo de concreto reciclado no desempenho do pavimento diminui gradualmente.

TRABALHABILIDADE E TESTE DE ABATIMENTO

Sarraz et al. (2017) estudaram a relação entre a trabalhabilidade e a proporção de água do concreto. Concluíram que, para uma mesma relação água/cimento, o abatimento do concreto com AR é menor do que com agregado natural. Os resultados dos testes de Wagih et al. (2013) mostraram que é necessário aumentar a quantidade de água em 9–13% para atingir o mesmo nível de trabalhabilidade.

Os autores explicam que, devido ao formato irregular e superfície mais áspera do agregado reciclado, este absorve mais água do que o agregado natural, resultando em um composto mais difícil de misturar, compactar e acabar e, portanto, um material com menor abatimento e mais poroso. Esta hipótese é respaldada por diversos pesquisadores. O agregado deve ser preparado como superfície seca saturada antes de misturar para garantir a melhor trabalhabilidade com a menor razão água / cimento possível.

Nestes ensaios o maior abatimento medido foi de 125 mm para o concreto

com agregado normal na razão de 0,6 a / c e o menor valor medido foi de 20 mm para RC3 (concreto agregado reciclado) na razão de 0,4 a / c, que coincide com os resultados experimentais usuais em concreto com AR. Ainda que a relação água/cimento para o AR seja maior, no caso do uso na pavimentação, acaba apresentando maior eficiência energética.

Dawood et al., (2021) em pesquisa utilizando pó de vidro e resíduo de tijolos como agregados reciclados em baixa proporção, afirmam que os valores de retração de secagem para o método de cura por fervura são ligeiramente maiores do que a retração no caso de cura normal. A retração por secagem também aumenta com o incremento do conteúdo de Nano-sílica em todas as idades. A absorção de misturas de tijolos de concreto pode ser aumentada notavelmente pelo uso de 2,5% e 3,5% de Nano-sílica. Contudo, o efeito desse material apresenta melhor desempenho em traços de concreto com menor teor de cimento do que em traços de concreto mais ricos.

Segundo Zhang et al., (2017) de acordo com a micro-morfologia e análise de interface, o grau de hidratação da AR estabilizada com cimento é superior ao relacionado à NA aos 7 dias de idade; um conteúdo adequado de Ca no concreto reciclado contribui para a atividade potencial da mistura reciclada estabilizada com cimento. No entanto, a estrutura de interface entre o AR e a pasta de cimento é relativamente solta, com algumas rachaduras e poros no interior. É a razão pela qual o agregado reciclado não pode substituir completamente os agregados naturais na mistura estabilizada com cimento para as propriedades mecânicas de longo prazo.

Para os três tipos de materiais que compõem o AR, o concreto com agregado natural e o cimento são melhor combinados, seguido de tijolos e a pedra britada com o pior desempenho. A retração da mistura reciclada estabilizada com cimento aumenta à medida que o teor de AR aumenta. Mas uma pequena quantidade de agregado reciclado é benéfica para melhorar as propriedades de secagem e de retração de temperatura de misturas recicladas estabilizadas com cimento. Com o aumento da razão concreto com agregado natural / concreto com agregado reciclado, a contração diminui primeiro e depois aumenta. Considerando as propriedades mecânicas da mistura estabilizada com cimento, pode-se concluir

que o teor de AR e a relação entre agregado natural / agregado reciclado não deve ultrapassar 50% e 3: 7 respectivamente. Outros autores reforçam esta conclusão em outras publicações e resultados de ensaios (BAI et al, 2019; DEBIEB et al, 2010; ELHAKAM et al, 2012).

Esta tese de que existem restrições ao se trabalhar com agregado reciclado é reforçada por Rostami et al., (2021), que estuda a aplicação de Agregados de Concreto Reciclado (RCAs) em misturas compostas de cimento tem sido investigada por diversos pesquisadores. Os resultados disponíveis na literatura indicam que a argamassa de cimento aderida à superfície dos RCAs leva a alta absorção de água e grande porosidade nas misturas cimentícias. Como resultado, menor trabalhabilidade, durabilidade e propriedades mecânicas em comparação aos agregados convencionais. Estes resultados são característicos de misturas contendo RCAs.

RESISTÊNCIA À TRAÇÃO E COMPRESSÃO DE CONCRETO COM AGREGADO NATURAL E CONCRETO COM AGREGADO RECICLADO

Em geral, o foco dos estudos é nos dados de resistência à compressão cilíndrica da amostra aos 7 dias, 21 dias e 28 dias, e posteriormente foram comparados com a resistência da mistura de concreto sem agregados reciclados.

O comportamento do concreto com agregado reciclado foi investigado tendo em vista a variação da proporção dos agregados reciclado e natural com a relação água/cimento constante e dimensionamento misto.

Sarraz et al., (2017) mostra que a resistência à compressão do concreto com agregado reciclado foi menor do que do concreto com agregado natural. A resistência de 28 dias do concreto RC1 e RC3 com AR reduziu cerca de 42% os valores obtidos. Os benefícios econômicos e ambientais associados à reutilização de AR podem compensar a redução da resistência, conclusão respaldada por diversos estudos semelhantes (BAI et al, 2019; ETXEBERRIA, 2007).

O estudo também aponta que o concreto 100% AR ganha resistência à compressão mais rápido em 7 dias do que 50% AR. Estudos anteriores também indicam que o concreto com maior porcentagem de AR atinge maior resistência inicial (GANDHI et al., 2011).

Com a proposta de inclusão de agregado reciclado fino utilizando resíduo de tijolos e pó de vidro (de 2,5 a 3,5%), os autores Dawood et al., (2021) obtiveram aumento significativo sob a resistência à compressão por cerca de 12-24%, respectivamente, aos 3 dias de cura normal. No entanto, o maior aumento é obtido com o menor teor de cimento nas misturas de concreto. A relação de resistência à compressão entre a resistência acelerada para o método de cura com água fervente e o convencional a força aumenta em cerca de 5-9% usando 2,5 e 3,5% de pó de vidro, respectivamente, em 3 dias. Enquanto a resistência à compressão para o método de cura com água fervente para a resistência convencional é claramente aumentada em cerca de 5% e 11% usando 2,5 e 3,5% de pó de vidro, respectivamente, aos 28 dias.

Utilizando a técnica de biomineralização para melhorar as propriedades de resistência e durabilidade do concreto agregado reciclado, Rais et al., (2021) estudou misturas de RAC com e sem bactérias, preparadas com 50% e 100% de agregado graúdo reciclado (RCA). Foram testadas a resistência à compressão, absorção de água, permeabilidade à água, resistividade elétrica e durabilidade contra a resistência ao sulfato do concreto. Além disso, a análise da microestrutura do concreto foi realizada usando MEV, EDS e XRD. Os testes de durabilidade foram realizados em 28, 56, 120 dias e de resistência em 7, 28, 56, 120 dias. Os resultados mostram que a resistência à compressão do concreto 100% RAC foi aumentada em 19,0% em 120 dias a partir da reação química causada pela calcita (CaCO_3 - causadas por bactérias e propriedades de durabilidade em termos de absorção de água, permeabilidade, resistência elétrica, também foram aumentadas em 12,7%, 42,9%, 100,8% respectivamente.

A atividade bacteriana pode resistir à penetração de sulfatos e, portanto, o desempenho de resistência melhorado foi registrado no ambiente de sulfato do concreto agregado reciclado bacteriano. Além disso, a presença de cristais de calcita e sais de sulfato foram observados nas micrografias de MEV, o que foi confirmado pelos resultados das análises de EDS e XRD. Além disso, a relação custo-benefício revela que as melhorias que foram alcançadas em propriedades 100% RAC com bactérias mostram que a produção de 100% BRAC é economicamente viável e com bom desempenho estrutural.

Para o estudo de Shaban et al., (2021) a técnica de reforço proposta para concreto com agregado reciclado otimizou as propriedades mecânicas e o desempenho de durabilidade do RAC em várias idades de cura. A perda de resistência à compressão foi 4,5–18%, resistência a tração 3–18,5%, módulo de elasticidade 8–22% e resistência à penetração de cloreto 5–30% para RAC tratado quando comparado com concreto sem agregado reciclado, aos 28 dias.

O estudo do autor mostra uma técnica de utilização do resíduo de porcelana, em forma de pasta do material pozolânico para tratamento de agregado graúdo reciclado. Em geral, os usos adequados deste material podem alcançar benefícios técnicos no desempenho de concreto com agregado reciclado. Utilizando a técnica de tratamento de superfície apresentada, resultados favoráveis foram alcançados pelos autores nas diferentes propriedades do concreto.

Por meio de estudos de MEV, observou-se que os materiais pozolânicos consomem CH que se acumulam nos vazios que estão presentes na superfície do RCA e formam novos materiais hidratados. Esses materiais podem melhorar a microestrutura das partículas entre as argamassas novas e velhas quando comparados com o RAC não tratado, o que gerou no estudo uma correlação entre a resistência à compressão do concreto e as idades de cura foi estabelecida para prever a resistência à compressão do RAC tratado em qualquer idade de cura. (Resistências à compressão e flexão, módulo de elasticidade e coeficiente de migração de cloreto).

Segundo o estudo experimental de Shaban et al., (2021) foi indicado pouca diferença entre as resistências à tração do concreto com agregado reciclado e com agregado natural. Observou-se que o concreto produzido apenas com agregado normal apresentou a maior resistência à tração, o que gerou resultado semelhante em estudos sobre o mesmo tema. O concreto preparado com 50% RCA e 100% RCA apresentou resistências à tração quase semelhantes.

METODOLOGIA

O presente estudo, funda-se na base bibliográfica, relacionando a modalidade de revisão da literatura narrativa, acerca das características do comportamento do concreto utilizando agregado reciclado. Portanto, a presente

pesquisa será levada a efeito, tomando como pressuposto o método dedutivo, o que para Diniz e Silva (2008, p. 06) é o “[...] parte das teorias e leis consideradas gerais e universais buscando explicar a ocorrência de fenômenos particulares. O exercício metódico da dedução parte de enunciados gerais (leis universais) que supostos constituem as premissas do pensamento racional e deduzidas chegam a conclusões [...]”, obtendo uma abordagem qualitativa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em diversas publicações foram retratados obstáculos para a utilização de concreto reciclado, como a perda de trabalhabilidade (que se torna um problema em obras), aumento do consumo de cimento, de absorção da água, aumento no índice de vazios, etc. Outros autores trazem alternativas a estas barreiras, porém sempre afetando o custo da obra na aplicação de melhorias para a qualidade do concreto.

No Brasil também existe a limitação de não ter norma que regule e oriente a utilização de concreto reciclado, o que restringe sua aplicação. São muitas pesquisas que comprovam sua utilização e aplicabilidade de uso estrutural, porém, faltam incentivos do mercado frente aos possíveis desafios de utilizar materiais alternativos. Os órgãos públicos também podem intervir quanto à utilização deste insumos, propondo normas regulamentadoras e medidas em lei que tenham por finalidade a integração do uso de agregado reciclado em obras de construção civil e infraestrutura, como uma medida mitigadora ambiental de políticas públicas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Programa de Bolsas Universitárias de Santa Catarina - UNIEDU/FUMDES (Chamada Pública nº 1423/SED/2019) pela bolsa de doutorado.

REFERÊNCIAS

AKPINAR, P.; AL ATTAR, H. A case study on the viability of using increased quantities of recycled concrete aggregates in structural concrete for extending environmental conservation in North Cyprus. **Environmental Earth Sciences**, v. 80,

n. 9, p. 1–12, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12665-021-09655-x>

AZEVEDO, Gardênia Oliveira David de; KIPERSTOK, Asher; MORAES, Luiz Roberto Santos. Resíduos da construção civil em Salvador: os caminhos para uma gestão sustentável. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 11, n. 1, p. 65-72, 2006.

BAI, G.; WANG, L.; MA, G.; SANJAYAN, J.; BAI, M. 3D printing eco-friendly concrete containing under-utilised and waste solids as aggregates. **Cement and Concrete Composites**, v. 120, n. March, p. 104037, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2021.104037>

BAKCHAN, Amal; FAUST, Kasey M. Construction waste generation estimates of institutional building projects: Leveraging waste hauling tickets. **Waste Management**, v. 87, p. 301–312, 2019. DOI:10.1016/j.wasman.2019.02.024

BRASIL. **Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília: Diário Oficial da União, [2002]. Disponível em: <http://protegeer.gov.br/images/documents/35/Resolu%C3%A7%C3%A3o%20CONAMA%20N%C2%BA%20275.2001.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2021.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília: Diário Oficial da União, [2010]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 17 jun. 2021.

BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. Literature review: Reuse of construction and demolition waste in the construction industry. **Cerâmica**, v. 61, n. 358, p. 178–189, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/0366-69132015613581860>

DAWOOD, E. T.; MAHMOOD, M. S. Production of Sustainable concrete brick units using Nano-silica. **Case Studies in Construction Materials**, v. 14, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00498>

DEBIEB, F. L. COURARD, S. KENAI, R. DEGEIMBRE, Mechanical and durability properties of concrete using contaminated RAs, **Cement and Concrete Composites**. 32 (6) (2010) 421–426, <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2010.03.004>.

DURAN, X.; LENIHAN, H.; O'REGAN, B. A model for assessing the economic viability of construction and demolition waste recycling - The case of Ireland. **Resources**,

Conservation and Recycling, v. 46, n. 3, p. 302–320, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2005.08.003>

ELHAKAM, A.A. MOHAMED, A.E. AWAD, E. Influence of self-healing, mixing method and adding silica fume on mechanical properties of RAs concrete, **Construction and Building Materials**. 35 (2012) 421–427, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.04.013>

FRANCISCO, Arthur Rodrigues Vilarino et al. CONTROLE DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Epitaya E-books**, v. 1, n. 15, p. 49-70, 2020

FREITAS, Carolina Larissa Vasconcelos et al. RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD): UM ESTUDO DE CASO NA USINA DE BENEFICIAMENTO DE RESÍDUOS DE PETROLINA-PE. **Revista de Gestão Social e Ambiental - RGSA**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 93-109, jan./abr. 2016.

FROTTÉ, C.; DI NUBILA, C. S. A.; NAGALLI, A.; MAZER, W.; MACIOSKI, G.; DE OLIVEIRA, L. O. S. Estudo das propriedades físicas e mecânicas de concreto com substituição parcial de agregado natural por agregado reciclado proveniente de RCD. **Revista Materia**, v. 22, n. 2, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1517-707620170002.0143>

GOMES, C. L.; POGGIALI, F. S. J.; DE AZEVEDO, R. C. Concretes with recycled aggregates of construction and demolition waste and mineral additions: A bibliographic analysis | Concretos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição e adições minerais: Uma análise bibliográfica. **Revista Materia**, v. 24, n. 2, 2019.

LIMA, A. S.; CABRAL, A. E. B. Caracterização e classificação dos resíduos de construção civil da cidade de Fortaleza (CE). **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 18, n. 2, p. 169–176, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522013000200009>

LOGINOVA, E.; SCHOLLBACH, K.; PROSKURNIN, M.; BROUWERS, H. J. H. Municipal solid waste incineration bottom ash fines: Transformation into a minor additional constituent for cements. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 166, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105354>

MIRANDA, Ana Carolina Lopes; BALDUINO, Angelo Ricardo. Gerenciamento de resíduos gerados na construção civil: uma revisão bibliográfica. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 6, p. 57392-57400, 2021.

NAGALLI, André. **Gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil**. São Paulo: Oficinas de Textos, 2016.

PASCHOALIN FILHO, João Alexandre; GRAUDENZ, Gustavo Silveira. DESTINAÇÃO IRREGULAR DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD) E SEUS IMPACTOS NA SAÚDE COLETIVA. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 6, n. 1, p. 44-57, 2012.

RIVERA, H. Resíduos sólidos urbanos no Brasil: desafios tecnológicos, políticos e econômicos. **IPEA**, jun. 2020. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/217-residuos-solidos-urbanos-no-brasil-desafios-tecnologicos-politicos-e-economicos>. Acesso em: 21 jun 2021.

ROSTAMI, J.; KHANDEL, O.; SEDIGHARDEKANI, R.; SAHNEH, A. R.; GHAHARI, S. A. Enhanced workability, durability, and thermal properties of cement-based composites with aerogel and paraffin coated recycled aggregates. **Journal of Cleaner Production**, v. 297, 2021 a. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126518>

ROSTAMI, J.; KHANDEL, O.; SEDIGHARDEKANI, R.; SAHNEH, A. R.; GHAHARI, S. A. Enhanced workability, durability, and thermal properties of cement-based composites with aerogel and paraffin coated recycled aggregates. **Journal of Cleaner Production**, v. 297, p. 126518, 2021 b. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126518>

SALMAN RAIS, M.; AHMAD KHAN, R. Effect of biomineralization technique on the strength and durability characteristics of recycled aggregate concrete. **Construction and Building Materials**, v. 290, p. 123280, 2021 b. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123280>

SCHNEIDER, D. M.; PHILIPPI JUNIOR, A. Gestão pública de resíduos da construção civil no município de São Paulo. **Ambiente Construído**, v. 4, n. 4, p. 21-32, 2004.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. São Paulo: Cortez, 2007.

SHABAN, W. M.; ELBAZ, K.; YANG, J.; THOMAS, B. S.; SHEN, X.; LI, L. H.; DU, Y.; XIE, J.; LI, L. Effect of pozzolan slurries on recycled aggregate concrete: Mechanical and durability performance. **Construction and Building Materials**, v. 276, p. 1–16, 2021 a. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121940>

SHABAN, W. M.; ELBAZ, K.; YANG, J.; THOMAS, B. S.; SHEN, X.; LI, L. H.; DU, Y.; XIE, J.; LI, L. Effect of pozzolan slurries on recycled aggregate concrete: Mechanical and durability performance. **Construction and Building Materials**, v. 276, p. 121940, 2021 b. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121940>

SHAH, M. I.; AMIN, M. N.; KHAN, K.; NIAZI, M. S. K.; ASLAM, F.; ALYOUSEF, R.; JAVED, M. F.; MOSAVI, A. **Performance evaluation of soft computing for modeling the strength properties of waste substitute green concrete.** [S. l.: s. n.] DOI: <https://doi.org/10.3390/su13052867>

WANG, B.; YAN, L.; FU, Q.; KASAL, B. A Comprehensive Review on Recycled Aggregate and Recycled Aggregate Concrete. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 171, n. September 2020, p. 105565, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105565>

WASIM, M.; NGO, T. D.; LAW, D. A state-of-the-art review on the durability of geopolymer concrete for sustainable structures and infrastructure. **Construction and Building Materials**, v. 291, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123381>

ZHANG, J.; LI, C.; DING, L.; LI, J. Performance evaluation of cement stabilized recycled mixture with recycled concrete aggregate and crushed brick. **Construction and Building Materials**, v. 296, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123596>