

Avaliação da resistência mecânica de concretos com reaproveitamento da areia de desmoldagem

Evaluation of the concrete's mechanical resistance with reuse of the demolding sand

Sara Borges Correa Santos, Engenheira Civil, FURB

sara.mussa@hotmail.com

Leondiniz Gomes de Sousa Júnior, Mestrando em Engenharia Ambiental, FURB

leonjuninhoceulp@gmail.com

Mateus Nascimento Vieira de Melo, Mestrando em Engenharia Ambiental, FURB

mateusmelo@id.uff.br

Joel Dias da Silva, Doutor em Engenharia Ambiental, FURB

dias_joel@hotmail.com

Resumo

Diariamente, grandes volumes de areia de desmoldagem são descartados pela indústria da fundição na forma de resíduos, e finalmente dispostos em aterros industriais. Buscando valorizar e eliminar este passivo, objetivou-se identificar o comportamento do reuso desta areia na substituição do agregado miúdo natural, na fabricação de artefatos de concreto. Foram realizados ensaios de caracterização com os agregados utilizados. Posteriormente foram confeccionados corpos-de-prova, os quais foram submetidos a ensaios destrutivos de resistência à compressão axial. Os resultados desta pesquisa indicam o aumento da compressão do concreto simples pela inclusão da areia de desmoldagem, além do impacto positivo no meio ambiente, minimizando a exploração de recursos naturais, os mesmos recursos que estão esgotando muito rapidamente.

Palavras-chave: Fundição; Areia de desmoldagem; Reuso; Artefatos de concreto.

Abstract

Every day, large volumes of demolding sand are disposed of by the foundry industry in the form of waste, and finally disposed of in industrial landfills. In order to valorize and eliminate this liability, we aimed to identify the behavior of the reuse of this sand in the substitution of the natural kid aggregate, in the manufacture of concrete artifacts. Characterization tests were performed with the aggregates used. Subsequently, specimens were prepared, which were submitted to destructive tests of resistance to axial compression. The results of this research indicate the increase of the compression of the simple concrete by the inclusion of the sand of demolding, besides the positive impact on the environment, minimizing the exploitation of natural resources, the same resources that are depleting very quickly.

Keywords: Foundry; De-molding sand; Reuse; Concrete artifacts.

1. Introdução

No cenário brasileiro, a Indústria da Construção Civil apresenta grande importância, não somente pela geração de empregos (diretos e indiretos), mas também, por impactar na vida de todas as pessoas, seja no desenvolvimento da infraestrutura, na construção de hospitais e residências, rodovias, dentre outros (HONDA, 2011). Só no ano de 2013, por exemplo, segundo Souza et al. (2015), a indústria da Construção Civil representava cerca de $\frac{1}{5}$ (um quinto) do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, que na época, totalizava R\$ 4,8 trilhões.

Em contrapartida, é sabido que, desde os primórdios, a devastação do meio ambiente andava paralelamente com a Construção Civil. A mineração, devastação e exploração dos recursos naturais, sem qualquer preocupação com seu esgotamento, considerado até mesmo como normal e quaisquer tentativas de impedi-los, era como que impedir o crescimento e desenvolvimento da civilização. Com o passar dos séculos, a visão do homem quanto aos recursos naturais começou a mudar, com a percepção e constatação de sua finitude (SÁNCHEZ, 2008). Desta forma, o desenvolvimento dito sustentável passou a ser um dos temas mais recorrentes em reuniões com delegações de diversos países, das mais diversas áreas do conhecimento, incluindo os da Construção Civil, levando-se em conta o efeito adverso causado pelos grandes empreendimentos, projetos e programas ao meio ambiente (CORRÊA, 2009).

O Brasil começou a ter consciência da problemática dos resíduos sólidos mais tardiamente, onde muitas das ações tomadas visam corrigir e/ou atenuar danos, que por vezes são irreparáveis. A busca por novas tecnologias, procedimentos mais limpos, bem como normas e políticas públicas mais restritivas aparecem como alternativas na solução de problemas desta natureza (SANTO et al., 2014).

A areia de desmoldagem, subproduto da indústria de fundição, resultante da fabricação de moldes de peças fundidas, apresenta um potencial para substituir o agregado fino na composição do concreto, especialmente na fabricação de artefatos da construção civil (GOLUB; SILVA, 2017). De acordo com Pereira (2016), é crescente a reutilização da areia de desmoldagem como material alternativo na Construção Civil, com inúmeras possibilidades para a sua valorização como matéria-prima, seja parcialmente ou em sua totalidade (BHARDWAJ, 2018).

A areia de desmoldagem é basicamente uma mistura de areias e ligantes utilizados pela indústria de fundição para a fabricação de moldes e machos que dão formato às peças de metal (KOFF et al., 2010). Esta areia de uso industrial poderá ser reutilizada várias vezes, enquanto garantir as características físico-mecânicas dos moldes, contudo, após um determinado período, transformam-se em material residual (JADHAV, 2017). Outra vantagem na valorização desta areia é no quesito ambiental, que além de viabilizá-la como matéria-prima em outros processos industriais, possibilita também a economia dos recursos naturais, como os depósitos naturais de rochas para a produção de areia manufaturada, economizando assim o custo total da construção (JUNKES, 2002).

Recentemente, o Conselho Estadual do Meio Ambiente de Santa Catarina (CONSEMA) aprovou a Resolução que Dispõe sobre a utilização das Areias Descartadas de Fundição nº 17.479 de 15/01/2018, permitindo a utilização de areia de desmoldagem como matéria-prima para obras como rodovias e redes de saneamento, possibilitando

também a sua utilização na produção de artefatos de concreto, concreto asfáltico, assentamento de tubulações e cerâmica vermelha (SANTA CATARINA, 2018). A partir deste entendimento, o presente trabalho objetiva avaliar a viabilidade mecânica de substituição da areia natural pela areia de desmoldagem como parte do agregado miúdo na fabricação de concreto, com a atenuação dos impactos ambientais decorrentes de seu descarte, por vezes, inadequado.

2. Fundamentação teórica

2.1 Indústria de fundição

De acordo com a Associação Brasileira de Fundidos (ABIFA, 2016), a produção de 2017 chegou a 2,315 milhões de toneladas de peças fundidas e faturamento de US\$ 7,5 bilhões. Atualmente o Brasil, acumulou percentuais positivos em 3,8%, no comparativo com os nove primeiros meses de 2017, o que pode ser observado na Tabela 1.

Metal	Jan-Set 2018 (t)	Jan-Set 2017 (t)	2018/2017 (%)
Ferro	1.404.839	1.341.837	4,7
Aço	178.433	138.923	28,4
Não ferrosos (total)	146.151	185.975	-21,4
Cobre	15.707	15.445	1,7
Zinco	864	885	-2,4
Alumínio	125.800	165.503	-24
Magnésio	3.780	4.142	-8,7
TOTAL	1.729.423	1.666.735	3,8

Tabela 1: Produção acumulada de fundidos entre janeiro e setembro de 2018. Fonte: Adaptado da ABIFA, 2018.

A indústria de fundição é dividida entre a composição da liga do fundido e o tipo de processo de fundição utilizado, que afetam diretamente as propriedades mecânicas da peça final. Desta forma, na composição da liga, os fundidos serão classificados como ferrosos ou não ferrosos (CASOTTI, 2011). Segundo a American Foundry Society (AFS) a areia de desmoldagem é uma areia sílica de alta qualidade, misturada com aglomerante, água e aditivos, sua granulometria varia em torno de 0,05mm a 2mm. Nas últimas décadas, bem mais de 100 milhões de toneladas de areia na produção têm sido utilizadas no processo, e destas, pelo menos 7 (sete) milhões de toneladas têm sido descartadas em aterros sanitários, com potencial de reaproveitamento em outros setores.

De acordo com a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, a CETESB, o consumo de areia para a produção é de acordo com o tipo de peças que a empresa fabrica na sua linha de produção, ficando em 800kg a 1.000kg de areia a cada 1.000kg de peças fabricadas. Essa areia é retirada das jazidas de cava ou rios, que são recursos naturais

(SÃO PAULO, 2002). Segundo Lopes (2009) essa areia tem como finalidade ser um material de moldagem, que forma a forma externa da peça fundida como núcleos que formam espaços vazios internos, por sua resistência mecânica a areia aguentar o metal líquido no momento do vazamento, até a peça conseguir solidificar.

A areia de desmoldagem pode ser classificada conforme o seu risco à saúde pública e ao meio ambiente, através dos critérios de avaliação da norma NBR 10004 (ABNT, 2004 [a]), esse resíduo pode ser classificado como sendo da Classe I (perigosos); Classe II (não perigosos), dentro da classe II é subdividida em classe II A (não inerte) e classe II B (inerte). Porém, na sua grande maioria esses resíduos de areia de desmoldagem são classificados como Classe II A, ou seja, possuem ao menos um de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos valores máximos permitidos por norma de sua classificação (VALENTINA et al., 2015).

O estado de Santa Catarina através da Resolução CONSEMA nº 26 - estabelece critérios da utilização da areia de desmoldagem, a mesma permite o uso desse resíduo desde que sua classificação fique dentro da classe de não perigosos e possuir limites inferiores aos máximos estabelecidos, quando analisada a toxicidade aguda (SANTA CATARINA, 2013). O reaproveitamento dos resíduos deve obrigatoriamente obedecer a critérios e estudos técnicos. Além disto, deve-se analisar a durabilidade, o desempenho, e alinhá-los ao custo e impacto ambiental. Estudos de durabilidade, por exemplo, ajudam a estimar a vida útil, definida como período de tempo durante o qual o produto vai apresentar desempenho satisfatório, nas diferentes condições de uso (SJÖSTRÖM, 1996).

Armenge (2006) fez um estudo da utilização da areia de fundição residual como fonte de matéria-prima para fabricação de argamassas utilizadas na construção civil, levando-se em conta os resultados obtidos nos ensaios de lixiviação e análise de massa. Observou-se que, todos os elementos químicos avaliados apresentaram-se menores do que os valores máximos estabelecidos pela NBR 10004/87. Contudo, os ensaios de solubilização mostraram que a adição de resíduo na argamassa deve ser limitada para evitar impacto ambiental.

Por fim, o Toledo (2017), verificou a viabilidade técnica e ambiental da utilização de ADF como agregado na fabricação de pavimento intertravados de concreto, concluindo que é possível a utilização da ADF Verde e ADF Silicato como substituinte parcial de agregados miúdos na produção de pavimentos de concreto, pois, os resultados dos ensaios ambientais indicaram que estes resíduos estavam de acordo com as exigências estabelecidas na NBR 10.004 (ABNT, 2004) para a lixiviação e solubilização dos contaminantes presentes.

3. Procedimentos metodológicos

Os procedimentos adotados para a caracterização dos materiais utilizados para realizar a dosagem do concreto e para a elaboração dos corpos-de-prova, seguiram os protocolos estabelecidos pela Associação Brasileira de Cimento Portland/*American Concrete Institute* (ABCP/ACI) para concretos simples não estruturais.

3.1 Materiais

O cimento utilizado no presente estudo foi o CPV-ARI, esse tipo de cimento é o mais usado para aplicações onde é necessária uma elevada resistência, como é o caso das indústrias de pré-moldados, classificado como um aglomerante hidráulico devido à ser reagente a ação da água (SOKOLOVICZ, 2013), que juntamente o agregado miúdo e a água comporão a pasta do concreto. A resistência do concreto dependerá da relação entre os pesos da água e cimento, denominado fator relação água/cimento. O fator água/cimento adotado para o estudo de 0.45, seguindo os critérios da NBR 6118/2014 - Projeto de estruturas de concreto – Procedimento.

A areia de desmoldagem utilizada foi cedida por uma indústria de fundição localizada no Distrito Industrial de Gaspar/SC. Foram coletados dois tipos de areia de desmoldagem, a areia verde, composta por areia de uso industrial acrescida de bentonita, pó de carvão e água, e a areia cura frio cuja composição é areia e resina uretânica. A ALUMETAF, a empresa cedente do material utilizado no estudo, apresenta capacidade instalada para a produção de 500 toneladas por mês de peças fundidas, tornando-se referência no mercado de Fundição de ligas de ferro cinzento, branco e nodular na região.

Como agregado miúdo foi utilizado uma areia proveniente do município de Blumenau/SC. Para a realização dos experimentos o agregado foi submetido a um peneiramento na malha 4,75mm de acordo com o ensaio de granulometria realizado segundo a NBR NM 248 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003). Os agregados graúdos são classificados conforme os tamanhos das partículas componentes (diâmetros mínimos e máximos), a saber: Brita 0 → 4,8 a 9,5mm; Brita 1 → 9,5 a 19mm; Brita 2 → 19 a 25mm; Brita 3 → 25 a 50mm; Brita 4 → 50 a 76mm; Brita 5 → 76 a 100mm (BAUER, 1992, p. 80). Foi utilizado como agregado graúdo brita 1, que também foram submetidos a ensaio de granulometria segundo a NBR NM 248 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003).

3.2 Métodos

3.2.1 Análises físicas

Foram seguidos os procedimentos descritos na NBR NM 248 Agregados - determinação da composição granulométrica. A análise granulométrica foi realizada no Laboratório de Materiais (ECV/FURB). O agregado miúdo fino selecionado para realizar a dosagem do concreto, com finalidade da elaboração dos corpos de prova foi a areia grossa, (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003). Inicialmente, a amostra de areia media foi separado, colocados em um jogo de peneiras normalizadas, previamente limpas, encaixadas de modo a formar um único conjunto de peneiras, com abertura de malha em ordem crescente da base para o topo, a amostra de areia foi colocada sobre a peneira superior, havendo uma agitação mecânica durante 5 (cinco) minutos, permitindo-se a separação e classificação prévia dos diferentes tamanhos de grão da amostra. Obteve-se 2,4mm de dimensão máxima e 2,17mm para o módulo de finura. A realização do ensaio de granulometria da Brita 1 seguiu o protocolo estabelecido pela

norma Brasileira supracitada. O mesmo procedimento da brita 1, foi adotado para determinar o ensaio granulométrico da areia grossa. A mesma obteve uma dimensão máxima de 19mm e módulo de finura de 7,04mm.

3.2.2 Proporções da areia de desmoldagem

Como forma de avaliação da viabilidade da utilização da areia de desmoldagem, foram definidos 3 (três) traços de concreto com areia de desmoldagem substituindo a areia natural, que serão comparados com um traço de referência, sendo: Traço 1 – com 0% de substituição; traço 2 – com 10% de substituição; traço 3 – com 20% de substituição; traço 4 – com 30% de substituição. O traço é a dosagem do concreto e objetiva determinar as proporções de cada material a ser empregado para que possa assim atender a 2 (duas) condições básicas de resistência desejada e de plasticidade suficiente do concreto fresco (ANDOLFATO, 2002). Desta maneira, a formulação do traço foi realizada conforme as seguintes normas técnicas elencadas no Quadro 1.

ABNT NBR	DESCRIÇÃO
NBR 16697	Cimento Portland – Requisitos
NM 248	Agregados - Determinação da composição granulométrica;
NBR 7211	Agregados para concreto – Especificação;
NBR 7212	Execução de concreto dosagem em central;
NBR 12655	Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento;

Quadro 1: Relação de normas para elaboração do traço. Fonte: elaborado pelos autores.

A moldagem dos corpos de prova iniciou-se após a caracterização de todos os elementos que o constituem. Escolheu-se um traço adequado de 30MPa, para a produção mesmos, cuja determinação em massa foi de 1:1.23:2.23:0.45, com a proporção de cimento, areia, brita e água, respectivamente. O traço usado para a dosagem do concreto foi igual para ambos os agregados utilizados, conforme mostra a Tabela 02.

Material Seco	Traço para 10kg de aglomerante		
	(kg)	(L)	(m ³)
Aglomerante (cimento)	10,00	3,21	0,0032
Agregado	37,06	43,97	0,0439
Agregado miúdo	14,82	5,64	0,0056
Agregado graúdo	22,23	38,34	0,0383
Água	4,50	4,50	0,0450
Total de Concreto	51,06	51,18	0,0512

Tabela 2: Dosagem do material. Fonte: elaborado pelos autores.

Foram moldados 28 corpos de prova, dos quais 12 eram constituídos de agregado miúdo com areia cura frio, 12 eram constituídos de agregados de areia verde. Os 12 corpos de prova, foram separados em 3 (três) grupos de 4 (quatro) corpos de prova, sendo eles com proporção de substituição de 10%, 20% e 30%, respectivamente. Foram confeccionados também mais 4 (quatro) corpos de prova sem a adição da areia de desmoldagem para ter um comparativo com os resultados obtidos, os quais foram chamados de corpos de prova de referência. Após a moldagem dos corpos-de-prova, os moldes foram colocados em uma superfície horizontal plana, rígida e protegidos de qualquer vibração durante 24 horas. Em seguida os mesmos foram desmoldados e submetidos à cura submersa durante 28 dias, após esse tempo realizou-se a preparação de suas bases através da retificação dos mesmos, com o intuito de deixar suas superfícies uniformes. A retificação da amostra é realizada através do desgaste mecânico com disco diamantado.

3.2.3 Ensaio de resistência à compressão

Os ensaios de resistência à compressão foram realizados de acordo com a NBR 5739 - Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Foi utilizada uma prensa hidráulica da marca EMIC, disponibilizada pelo ECV/FURB. Este equipamento possui a leitura em tonelada-força (tf), sendo assim, para cálculo da resistência a compressão e transformação da medida em megapascal (MPa). A realização do ensaio ocorreu aos 28 dias de cura depois da moldagem dos corpos de prova, onde foram rompidos.

3.2.4 Laudos ambientais da areia de desmoldagem

Visando a questão da ecotoxicidade das areias de desmoldagem utilizadas nesta pesquisa, a empresa forneceu os laudos ambientais, os ensaios foram realizados pelo laboratório IP – Instituto de Pesquisas Químicas EIRELI EPP por meio de procedimentos de amostragem e preparo das amostras seguindo as exigências da norma NBR 10007 – Amostragem de Resíduos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1987). Essa classificação é de suma importância, pois, visa determinar se existe algum impacto ao meio ambiente e perigo de saúde a sociedade, tendo em vista tais aspectos, foram realizados testes de lixiviação e solubilização das areias, os mais importantes quanto a sua classificação. Comparando com a NBR 10004, a areia descartada de fundição é classificada como II A – não inerte, por apresentar valores de ensaios da massa solubilizada acima do limite máximo permitido. Já conforme a resolução CONSEMA 26/2013, a areia de desmoldagem descartada apresentou conformidade com os limites estabelecidos.

4. Resultados

4.1 Areia cura frio

Os resultados da resistência à compressão do concreto contendo a areia cura frio foram realizados aos 28 dias de cura. Aos 28 dias de idade, os três traços obtiveram valores de resistências superiores ao traço referência (RF), que permaneceu em média 29.93MPa, sendo o traço com 10% de substituição da areia natural pela areia cura frio, permaneceu em média de 30,2MPa e o traço com 20% de substituição da areia natural pela areia de cura frio, permaneceu em média de 31,3MPa, enquanto que o traço de 30% de substituição da areia natural pela areia de cura frio manteve-se muito parecido com o da RF com média de 30,65MPa, conforme o Gráfico 1.

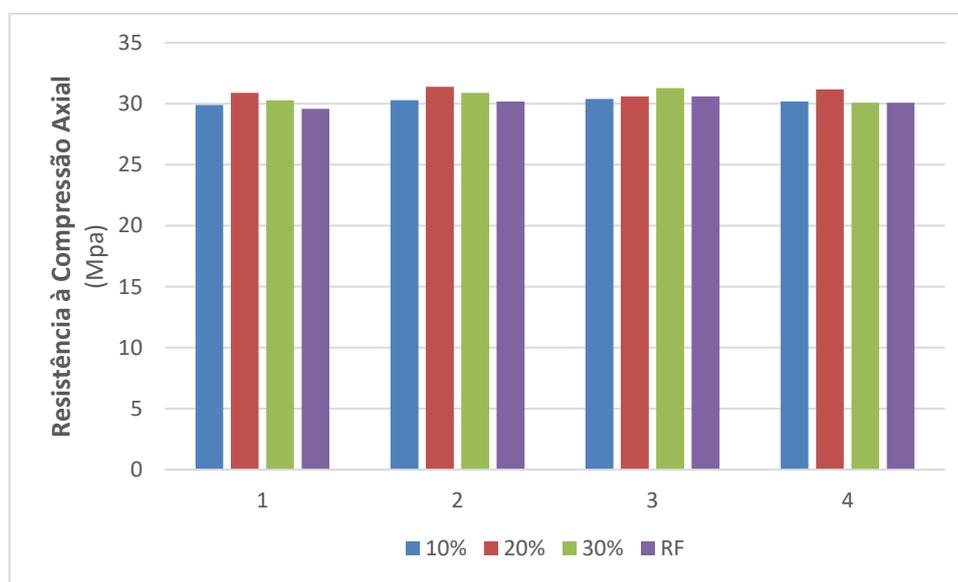


Gráfico 1: Resultados do ensaio de resistência à compressão da areia cura frio. Fonte: elaborado pelos autores.

O aumento da resistência com a utilização da areia cura frio pode ser explicado através dos ensaios de caracterização desta areia, sendo que através dos ensaios de granulometria o módulo de finura da areia cura frio resultou em 1,37. Pelo fato da areia de desmoldagem possuir grãos mais finos que a areia natural, a mesma consegue preencher melhor os vazios do concreto e também contribuir para a melhor hidratação do mesmo.

4.2 Areia verde

O ensaio da resistência à compressão do concreto contendo a areia verde também foi realizado aos 28 dias de cura, o Gráfico 2 mostra os resultados obtidos com as 3 (três) proporções estabelecidas previamente.

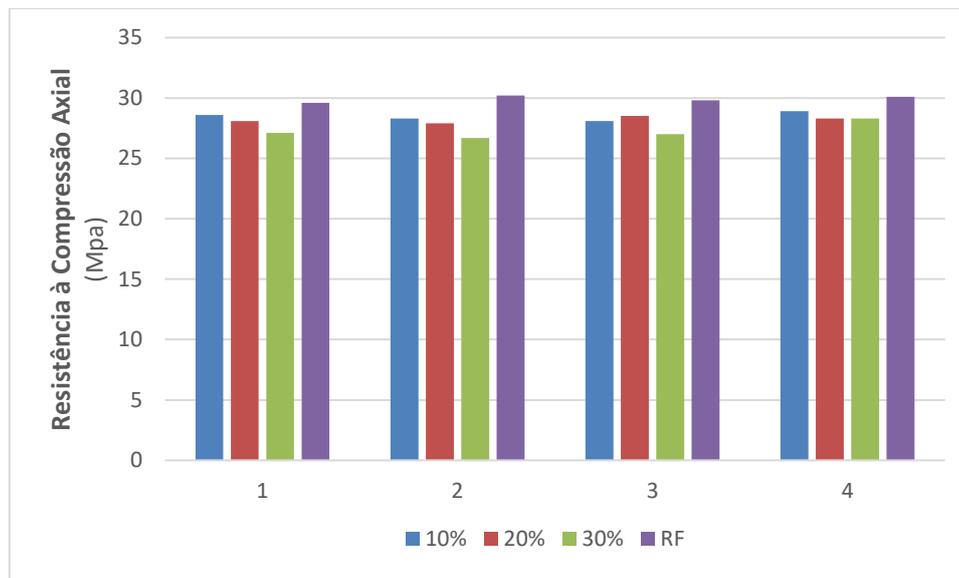


Gráfico 2: Resultados do ensaio de resistência à compressão da areia verde. Fonte: elaborado pelos autores.

Aos 28 dias de idade, os três traços obtiveram valores de resistências um pouco abaixo dos corpos de prova de referência (RF), que atingiu em média 29,93MPa, sendo o traço com 10% de substituição da areia natural pela areia verde com média de 28,98MPa e o traço com 20% de substituição da areia natural pela areia verde com resistência média de 28,20MPa, enquanto que o traço de 30% de substituição da areia natural pela areia verde atingiu 28,27MPa de resistência.

5. Conclusões e recomendações

A caracterização da brita e da areia utilizada no traço obteve-se resultado satisfatório, obedecendo ao limite imposto na norma, já a caracterização da areia cura frio, apresentaram resultados satisfatórios para os limites comparativos impostos pela norma de agregado, contudo, a areia verde, apresentou-se um pouco acima do limite superior da NBR NM 248/2003.

Verificou-se que, conforme pontuado na literatura, a resistência do concreto não sofreu nenhuma influência negativa quando substituição parcial de insumos, possibilitando-se o reaproveitamento da areia de fundição descartada como substituo parcial do agregado no concreto. Em relação à resistência compressão, os corpos-de-prova com porcentagens da areia de desmoldagem não apresentaram alterações significativas em comparação com os resultados obtidos dos corpos-de-prova ao traço de referência, com areia natural, onde na literatura, frações entre 10% a 45% não interferem na resistência do concreto simples não estrutural. Contudo, estudos de acompanhamento das peças, ao longo de sua vida útil, são necessários para verificar sua integridade e possível toxicidade ao meio ambiente, bem como a confiabilidade dos resultados. Além disto, a areia possui característica distinta em decorrência da sua fonte de origem, com isso um estudo mais

específico e detalhado de cada tipo de areia de desmoldagem é necessário para que sua melhor aplicação seja feita. Finalmente, verificou-se que, a areia do processo de cura a frio reproduziu os melhores resultados em relação a areia verde, além de apresentar resistência à compressão superior aos traços de referência das exigências ambientais NBR 10.004 e 10.005, onde a reutilização deste material torna-se uma alternativa sustentável com a inserção deste resíduo industrial, representativo e volume, como matéria-prima na fabricação de novos produtos.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 7211: 2009: Agregados para concreto: Procedimento. Rio de Janeiro/RJ, ABNT, 2009.

_____. NBR 10004: 2004[a]: Classificação de resíduos sólidos: procedimento. Rio de Janeiro/RJ, ABNT, 2004.

_____. NBR 10005:2004[b]: Ensaio de Lixiviação: procedimento. Rio de Janeiro/RJ, ABNT 2004.

_____. NBR 10006:2004[c]: Ensaio de Solubilização: procedimento. Rio de Janeiro/RJ, ABNT, 2004.

_____. NBR 10007:2004[d]: Amostragem de resíduos: procedimento. Rio de Janeiro/RJ, ABNT, 2004.

_____. NBR 7215:1996: Cimento Portland - determinação da resistência à compressão, Rio de Janeiro/RJ, ABNT, 1996.

_____. NBR NM 248:2003: Agregados - determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro/RJ, ABNT, 1996.

_____. NBR 12655:2015: Concreto de cimento Portland – preparo, controle, recebimento e aceitação – procedimento, Rio de Janeiro/RJ, ABNT, 2015.

_____. NBR 5738:2003: Moldagem e cura de corpos de prova cilindro ou prismático de concreto – Procedimento, Rio de Janeiro/RJ, ABNT, 2003.

_____. NBR 5739:2007: NBR 5739 - Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos - Procedimento, Rio de Janeiro/RJ, ABNT, 2007.

_____. NBR 6118:2014: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2004. Rio de Janeiro/RJ, ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FUNDIDOS. ABIFA. Guia de boas práticas do setor fundição. Disponível em: <<http://www.sifumg.com.br/wp-content/uploads/2016/02/cartilha-de-fundicao.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2018.

_____. Anuário ABIFA 2016: Guia ABIFA de fundição. Disponível em:<http://abifa.org.br/wp-content/uploads/2016/09/revista_abifa_193.pdf>. Acesso em: 05 maio 2018.

AMERICAN FOUNDRY SOCIETY. Introduction to foundry sand. What is foundry sand. Disponível em < <https://www.afsinc.org/introduction-foundry-sand> > Acesso em: 04 set. 2018.

ANDOLFATO, Rodrigo Piernas. Controle tecnológico do concreto: Núcleo de Ensino e Pesquisa da Alvenaria Estrutural, Ilha Solteira. 2002. p. 1-33. Notas de Aula. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

ARMANGE, Luciana Cristina. Utilização de areia de fundição residual para uso em argamassa. 2005. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2005.

BAUER, L. A. Falcão (Luiz Alfredo Falcão). Materiais de construção. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, c1992.

BHARDWAJ, Bavita; KUMAR, Pardeep. Waste foundry sand in concrete: Review. Construction and building materials, India. Editorial Board, p.1-673, maio 2017. Disponível em < <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.09.010sand> > Acesso em: 04 set. 2018.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 3 de agosto de 2010[a]. Dispõe sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos. DOFC – Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil, Brasília col. 1; p.3. Poder legislativo.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de Agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências, DOFC – Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil, Brasília. Poder legislativo. < <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=313>>. Acesso em: 25 out. 2018.

CASOTTI, Bruna Pretti; BEL FILHO, Egmar del; CASTRO, Paulo Castor de. Indústria de Fundição: Situação Atual e Perspectivas. Metalurgia: BNDES Setorial 33, pp. 121-162. 2011. Disponível em: < file:///C:/Users/Usuario/Downloads/BS%2033_final%20A.pdf>. Acesso em: 08 out. 2018.

FATMA. Fundação do Meio Ambiente. Portaria nº 017, 2002 – Estabelece os Limites Máximos de Toxicidade Aguda para efluentes de diferentes origens e dá outras providências.

HONDA, Ricardo Hiroshi. Subsídios para o planejamento da implantação do sistema de Lean Construction em uma construtora. 2011. 130 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Produção, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

JADHAV; TANDE; DUBAL. Beneficial reuse of waste foundry sand in concrete of Waste. International Journal of Scientific and Research Publications, India, v. 7, n. 3, p.2250-3153, mar. 2017. Disponível em < <http://www.ijsrp.org/research-paper-0317/ijsrp-p6311.pdf> >. Acesso em: 14 set. 2018.

JOINVILLE, Município. Lei Complementar nº 505, DE 19 DE JUNHO DE 2018, Joinville, p.1-10, 19 jun. 2018. Disponível em < <https://wwwold.joinville.sc.gov.br/public/portaladm/pdf/jornal/25a799373d17aeec36a4b3a02ce8439b.pdf> >. Acesso em: 10 set. 2018

JUNKES, Maria Bernadete. Procedimentos para aproveitamento de resíduos sólidos urbanos em municípios de pequeno porte. 2002. 116 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de no Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de

Santa Catarina., Florianópolis, 2002. Disponível em
<<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd48/9349.pdf>>. Acesso em: 14 set. 2018.

KLINSKY, Luis Miguel Gutiérrez. Proposta de reaproveitamento de em sub-bases de pavimentos flexíveis, através de sua incorporação a solos argilosos. 2008. 189 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Transporte, Universidade de São Paulo, Sao Paulo, 2009.

KOFF, Lee et al. Effect of compost-, sand-, or gypsum-amended waste foundry sands on turfgrass yield and nutrient content. *Journal of environmental quality*, v. 39, n. 1, p. 375-83, 2010.

SANTA CATARINA. CONSEMA/SC Resolução nº 26 (2013), de 06 de setembro de 2013. Estabelece as diretrizes sobre a Utilização das Areias Descartadas de Fundação – ADF e adota outras providências.

SANTA CATARINA. nº 17.479 de 15/01/2018. Dispõe sobre a utilização das Areias Descartadas de Fundação. DOFC – Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil, Brasília.

SANTO, Juliete de Oliveira et al. Avaliação de impacto ambiental: conceito e método. São Paulo. Oficina de Textos. 2014.

SÁNCHEZ, L. E. Avaliação de Impacto Ambiental: Conceitos e métodos. Editor: Officinal de Textos. 2008.

SOKOLOVICZ, Bóris Casanova. Microstructure and durability of a chloride prototypes with concrete gray rice husk with and without prior grind. 2013. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

SOUZA, Bruno Almeida et al. Análise dos indicadores PIB nacional e PIB da indústria da construção civil. *Revista de Desenvolvimento Econômico*, Salvador, v. 17, n. 31, p.140-150, jun. 2015.

TOLEDO, Jessica Marina Signorelli. Avaliação físico-química da utilização de areias descartadas de fundição na fabricação de pavimento intertravado de concreto. 2017. 137 f. Tese (Doutorado) - Curso de Universidade Federal do Paraná., Setor de Tecnologia, da Universidade Federal do Paraná., Engenharia e Ciência dos Materiais, no Programa de Pós-graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais, Curitiba, 2017.

VALENTINA, Luiz Veriano Oliveira dalla et al. Caracterização do resíduo pó de exaustão de fundição na indústria da construção civil. *Revista Espacios*, 13 jan. 2015. Disponível em: <<http://www.revistaespacios.com/a15v36n05/15360509.html>>. Acesso em: 20 out. 2018.