

POSSIBILIDADES DE UTILIZAÇÃO DE CONCRETOS E ARGAMASSAS COM ADIÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL, FÁBRICAS E DE POÇOS DE PETRÓLEO

*Elias Trindade de Brito¹
Fábio Sergio da Costa Pereira²*

RESUMO

Discute-se o estado da arte atual da área de resíduos com suas possíveis aplicações na construção civil; realizam-se ensaios no laboratório de materiais de construção do UNI-RN e produz-se concreto e argamassa com o respaldo de ensaios de absorção de água e resistência à compressão realizada com diversos resíduos da construção civil; substitui-se nos concretos e argamassas a areia fina no preparo do reboco, a areia média no preparo do emboço, a areia grossa na produção do concreto, a brita 19 mm na produção do concreto e a areia fina na produção de argamassa industrializada, por areias e britas recicladas. No término da pesquisa serão apresentadas as aplicações aprovadas para cada caso citado, com seus respectivos resultados com aprovação pelas normas vigentes de concreto e argamassa, sendo um roteiro para a comunidade da construção civil do Rio Grande do Norte realizar a aplicação de produtos com custo inferior e com resultados iguais ou superiores das matérias primas tradicionais, gerando um grande benefício ao meio ambiente pela ocorrência da diminuição do consumo das matérias-primas tradicionais.

Palavras-chave: Resíduos de construção civil. Concreto e Argamassa.

POSSIBILITIES OF USE OF CONCRETE AND MORTAR WITH ADDITION OF CIVIL CONSTRUCTION WASTE, FACTORIES AND PETROLEUM WELLS

ABSTRACT

To present the current state of the art of the waste area with its possible applications in the civil construction, performing tests in the UNI-RN construction materials laboratory, producing concrete and mortar with the support of water absorption tests and compressive strength replacing concrete in the concrete and mortars with fine sand in the preparation of the plaster, the average sand in the preparation of the plaster, the coarse sand in the production of the concrete, the crushed stone 19 mm in the concrete production and the fine sand in the production of processed mortar, by recycled sand and crushed stone. At the end of the research, the applications

-
- 1 Elias Trindade de Brito. Discente do curso de Engenharia Civil – UNI-RN. E-mail: eliastdbrito@gmail.com. Endereço para acessar este CV: <http://lattes.cnpq.br/0767986509312227>.
 - 2 Docente. PhD em Ciência e Tecnologia dos Materiais, Coordenador do curso de Engenharia Civil – UNI-RN, engecal.fabio@gmail.com. Endereço para acessar este CV: <http://lattes.cnpq.br/6695109770318583>.

approved for each case will be presented, with their respective results approved by the current concrete and mortar regulations, and a script for the civil construction community of Rio Grande do Norte to apply products with lower cost and with equal or superior results of the traditional raw materials, generating a great benefit to the environment by the occurrence of the reduction of the consumption of traditional raw materials.

Keywords: Waste. Concrete and mortar.

1 INTRODUÇÃO

Com a mudança no hábito de vida da humanidade, onde antes era nômade e agora sedentário, houve um impacto no ambiente os quais estão inseridos, sendo os recursos naturais extraídos de forma ostensiva, pois agora existe uma necessidade de moradia, trabalho, alimentação, deslocamento por estradas para comercialização de produtos e outras atividades.

Com a intensa industrialização, advento de novas tecnologias, crescimento populacional e aumento de pessoas em centros urbanos e diversificação do consumo de bens e serviços, os resíduos se transformaram em graves problemas urbanos com um gerenciamento oneroso e complexo considerando-se volume e massa acumulados, principalmente após 1980. Os problemas se caracterizam por escassez de área de deposição de resíduos causadas pela ocupação e valorização de áreas urbanas, altos custos sociais no gerenciamento de resíduos, problemas de saneamento público e contaminação ambiental (JOHN, 1999).

Para termos uma ideia da magnitude deste processo extrativo, podemos citar como exemplo a construção civil que, anualmente, consome cerca de 210 milhões de toneladas de agregados (areia e brita) e até 75% de total de recursos naturais utilizados pelo homem (incluindo agregados, água, metais, combustíveis fósseis, etc.). A indústria da construção civil move a economia de várias nações, e com isso seu consumo de recursos naturais é enorme (REIBEIRO, 2009).

Na atualidade, o consumo de recursos naturais só aumenta; a cada ano que passa a população aumenta, e com isso a demanda habitacional também, trazendo consigo novas cidades, estradas, edifícios, zonas industriais, comércio, tudo isso precisa ser construído e os recursos retirados da natureza; além do mais, produzem grandes volumes de resíduos que na maioria das vezes, são lançados em locais impróprios, sem fiscalização, contribuindo com a proliferação de roedores e insetos que em sua maioria transmitem doenças.

Correlato ao anterior, o despejo dos rejeitos em áreas urbanas causam desconfortos urbanísticos, na aparência das cidades, na acessibilidade dos pedestres nas calças, na fluidez do tráfego de veículos pelas avenidas, além de colaborar para acidentes, como também na obstrução de sarjetas, entupimento de bocas de lobo, bueiros, galerias de águas pluviais, ocasionando inundações e enchentes nos períodos de maior precipitação. Podemos evidenciar isso obser-

vando a (Fig. 1), onde o entulho está depositado de maneira imprópria na via pública em Ribeirão Preto/SP.

Outro ponto importante é a destinação desses resíduos em aterros sanitários, que em tese não deveriam recebê-lo, pois os mesmos são destinados para rejeitos orgânicos, fazendo com que haja uma perda na eficácia de sua capacidade de deposição, limitando assim sua vida útil.

Figura 1 - Pode-se evidenciar na imagem, que o resíduo de demolição depositado na via pública, está obstruindo parte da via de circulação de veículos, a calçada e também a sarjeta de águas pluviais.



Fonte: <http://g1.globo.com/sp/ribeirao-preto-franca/noticia/2014/08/moradores-reclamam-do-acumulo-de-entulho-nas-ruas-de-pradopolis-sp.html>.

2 OBJETIVO DO ESTUDO

A pesquisa tem como objetivo, aplicar diferentes tipos de resíduos em traços de concreto e argamassa, para verificar a sua posterior utilização em substituição do concreto, sem utilização de resíduos e o seu custo e benefício para a o meio ambiente e a indústria da construção.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

Definir o resíduo utilizado é indispensável para qualquer pesquisa a ser levantada, para isso, utilizam-se como guia a Resolução nº 307 de 05 de julho de 2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2002), define os tipos de resíduos existentes e como deve ser feito o tratamento, destinação final e empregabilidade sustentável.

O Art. 2º da resolução traz as definições no manejo dos resíduos, sendo cinco itens diretamente relacionados à pesquisa, que são:

Resíduos da construção civil: são comumente chamados de entulhos de obras, calça ou metralha;

Agregado reciclado: é o material granular proveniente do beneficiamento de resíduos de construção que apresentem características técnicas para a aplicação em obras de edificação, de infraestrutura, em aterros sanitários ou outras obras de engenharia;

Reutilização: é o processo de reaplicação de um resíduo, sem transformação do mesmo;

Reciclagem: é o processo de reaproveitamento de um resíduo, após ter sido submetido à transformação;

Gestão integrada de resíduos sólidos: conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável, segundo CONAMA (Resolução 307/2002; Resolução 448/2012).

O Art. 3º define as classes residuais existentes, sendo a classificação A, a abordada na análise, onde:

Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; formas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto; processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras, segundo CONAMA (Resolução 307/2002; Resolução 448/2012).

Em síntese, tudo o que tem sido feito está intrinsecamente relacionado com a gestão integrada dos resíduos sólidos, que engloba a reutilização e reciclagem do resíduo bruto, que passa pelo devido beneficiado, para a posterior aplicação.

Foram tomadas por base as resistências e o fator água/cimento das quatro agressividades (Tabela 1), empregado para a produção de cada tipo. A referida, tabela 1 também mostra a capacidade de resistência à compressão para cada

uma das agressividades, em conformidade com as normas brasileiras e os traços a serem utilizados. O concreto fabricado inicialmente atende a resistência à compressão de 20 [MPa] (ABNT- NBR 6118/ 2014); (ABNT-NBR 8953/2015)

Quadro 1: Diferentes tipos de agressividades, com a resistência, fator água/cimento e traço empregado, na produção do concreto tradicional.

| FATORES DE AGRESSIVIDADES | RESISTÊNCIA | FATOR A/C | TRAÇO (Kg) |
|---------------------------|-------------|-----------|---------------|
| I | 20 MPa | 0,65 | 1: 3,01: 3,19 |
| II | 25 MPa | 0,60 | 1: 2,90: 3,29 |
| III | 30 MPa | 0,55 | 1: 1,92: 2,15 |
| IV | 40 MPa | 0,45 | 1: 1,61: 1,93 |

Fonte: NBR 6118/2014 e 8953/2015.

Existem ainda definições internacionais que definem o resíduo de acordo com sua origem, uma vez que os resíduos sólidos não estão resumidos apenas aos oriundos da indústria da construção civil. Na (Fig. 2), estão explicitadas as diferentes aplicações para alguns dos resíduos sólidos.

Figura 2: Alguns dos diferentes resíduos sólidos existentes e suas possíveis aplicações nas obras de construção civil.

Quadro 3 - Resíduos e subprodutos de outros setores industriais.

| RESÍDUO | ORIGEM NO PROCESSO | PESQUISA/UTILIZAÇÃO |
|---|---|---------------------|
| Cinzas de carvão mineral Cinzas Volantes (ver capítulo 23 - Cimento Portland com adições) | Provenientes de centrais termoeletricas a carvão mineral. | ■ ○ ⊗ ⊞ ⊠ ⊡ |
| Resíduos de indústrias silico-metalúrgicas (ver capítulo 23 - Cimento Portland com adições) | Obtida da produção das ligas de ferro-silício em fornos elétricos de redução. | ■ ○ ⊗ ⊞ ⊠ ⊡ |
| Resíduos da indústria calçadista - E.V.A. (poliacetato de etileno vinil ou copolímero de etileno-acetato de vinila) | Obtida principalmente da produção de chapas usadas na produção de solados, entressolas e palmilhas na indústria de calçados. | ■ ○ |
| Resíduos de demolição e da construção (ver capítulo 49 - Materiais reciclados) | Resíduos provenientes das atividades da construção civil, ex: Cimento, gesso, argamassas, cal, concreto, cerâmicas, tintas, madeira, aço, plástico, vidro, etc. | ■ ○ ⊗ ⊞ ⊠ ⊡ |
| Resíduos da indústria coureira | Provenientes de diferentes fases do processo de fabricação do couro. | ○ ⊗ ⊞ ⊠ ⊡ |
| Resíduos da indústria de celulose e papel: Cinzas pesadas e leves, Dregs, Grls | Provenientes do processo de fabricação de celulose Kraft. | ■ ○ ⊗ ⊞ ⊠ ⊡ |
| Resíduos da indústria de petróleo | Resíduos ou lamas oleosas provenientes dos processos de extração de petróleo. | ■ |
| RESÍDUO | ORIGEM NO PROCESSO | PESQUISA/UTILIZAÇÃO |
| Resíduos de fosfogesso | Origina-se do processo de fabricação de ácido fosfórico e fertilizantes fosfatados. | ■ ⊗ ⊞ ⊠ ⊡ |
| Lodo da indústria têxtil | Indústria têxtil | ■ ○ ⊗ ⊞ ⊠ ⊡ |

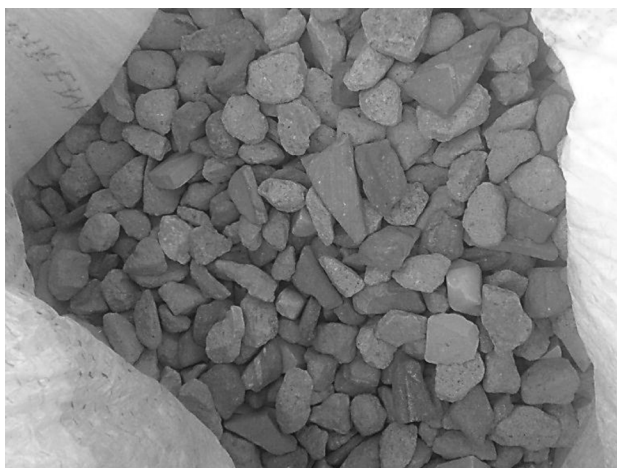
Notas: ■ - Materiais vitrocerâmicos / ○ - Adição em concretos / ⊗ - Argamassas / ⊞ - Argamassa para recuperação estrutural / ⊠ - Cimentos pozolâmicos / ⊡ - Concretos / ■ - Concreto celular autoclavado / ■ - Materiais cerâmicos / ■ - Pisos Industriais / ■ - Blocos de concreto estruturais e não estruturais / ○ - Concreto Leve / ○ - Agregados leves / ■ - Tijolos de Solo Cimento / ⊗ - Agregados / ■ - Blocos de concreto para pavimentação / ■ - Rodovias / ■ - Bases e sub-bases de rodovias e ferrovias / ■ - Painéis pré-fabricados para vedação / ■ - Indústria cerâmica / ⊗ - Cimentos / ■ - Cobertura de aterro sanitários / ■ - Condicionador de solos

Fonte: MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL e Princípios de Ciência e Engenharia dos Materiais ed. G. C. Isaia. - São Paulo: IBRACON, 2007. 2v. (p. 1603 - Quadro 3).

O preparo do concreto e da argamassa é feito de modo tradicional, sem acréscimo de qualquer tipo de aditivo e adições, obedecendo aos traços estabelecidos pelos autores para as respectivas normas, sendo que em alguns casos a quantidade de água precisou ser aumentada para que agregado e aglomerante fiquem homogêneos, isso ocorre devido à presença de materiais de composição cerâmica, que absorvem a água utilizada no traço. São mostradas nas (Fig. 3, 4, 5, 6 e 7), os diferentes tipos de materiais reciclados empregados na elaboração de concretos e argamassas.

Cada matéria sólida é pesada e separada, a água é dosada em uma proveta e ministrada em partes. O concreto é feito por processamento mecânico (betoneira), dividido em três partes, sendo a primeira para a colocação do agregado graúdo com um terço do total da água a ser utilizada; a segunda para o cimento com dois terços da água; a terceira é a inserção do agregado miúdo com a última parte da água. Em resultados e discussões, estão detalhados os agregados graúdos e miúdos utilizados, como também nas (Fig. 3, 4, 5, 6 e 7).

Figura 3: Detalhe do resíduo de construção civil e/ou demolição já beneficiado, com granulometria de 19 mm.



Fonte: Elaboração para esta pesquisa, pelo próprio autor (2016).

Figura 4: Vista do rejeito de indústria de argamassa, material granular retido na peneira 1,18 mm (areia média).



Fonte: Elaboração para esta pesquisa pelo próprio autor (2016).

Figura 5: Detalhe do rejeito de indústria de argamassa, material granular retido na peneira 2,4 mm (areia grossa).



Fonte: Elaboração para esta pesquisa pelo próprio autor (2016).

Figura 6: Vista do resíduo de construção civil e/ ou demolição já beneficiado, com granulometria de 9 mm (cascalinho).



Fonte: Elaboração para esta pesquisa pelo próprio autor (2016).

Figura 7: Detalhe do resíduo de construção civil e/ ou demolição já beneficiado, areia reciclada de granulometria similar a areia fina natural.



Fonte: Elaboração para esta pesquisa pelo próprio autor (2016).

Os corpos de prova (CP's) são moldados com três camadas compactadas com haste metálica de extremidades esféricas, sendo 25 golpes cada e duas camadas com 10 golpes cada, para concreto com dimensões 15x30 cm e argamassa com dimensões de 10 x 20 cm, respectivamente. Os CP's de concreto finalizados (Fig. 8), aguardando o tempo de cura de 24 horas [6].

O período de cura para a desforma é de 24 horas (Fig. 9). Já o período de cura úmida é de 28 dias a partir da data da moldagem (Fig. 10). Decorrido o prazo citado anteriormente, são retirados da água e colocados para secar de modo natural por 24h. Posterior a isso são realizados ensaios de compressão através de prensa eletro-mecânica, a fim de determinar sua resistência à compressão e determinar sua aplicabilidade (Fig. 11); (ABNT-NBR 5739/2007).

Figura 8: Vista dos CP's 15x30 moldados e aguardando o período de 24 horas, para serem desmoldados.



Fonte: Elaboração para esta pesquisa pelo próprio autor (2016).

Figura 9: Detalhe dos CP's após 24 horas após desmoldagem e encaminhamento à cura úmida.



Fonte: Elaboração para esta pesquisa pelo próprio autor (2016).

Figura 10: Vista dos CP's na cura úmida.



Fonte: Elaboração para esta pesquisa pelo próprio autor (2016).

Figura 11: Vista do ensaio de resistência à compressão.



Fonte: Elaboração para esta pesquisa pelo próprio autor (2016).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Seguem os traços com os respectivos resultados para o concreto:

1. Cimento, areia grossa e brita 19 mm (reciclada) e água. Resistência média de 24,91 [MPa]; ***(Satisfatório para agressividade I)***
2. Cimento, areia grossa (reciclada), brita (natural) e água. Resistência média de 21,63 [MPa]; ***(Satisfatório para agressividade I)***
3. Cimento, areia grossa (rejeito de fábrica de argamassa), brita (natural) e água. Resistência média de 31,44 [MPa]; ***(Satisfatório para agressividade I)***
4. Cimento (rejeito de fábrica), areia grossa (natural), brita (natural) e água. Resistência média de 26,046 [MPa]; ***(Satisfatório para agressividade I)***

Seguem os traços com os respectivos resultados para a argamassa:

1. Cimento, areia média (rejeito de fábrica de argamassa) e água. Resistência média de 20,68 [MPa]; **(Satisfatório para agressividade I)**
2. Cimento, areia (reciclada) e água. Resistência média de 25,91 [MPa]; **(Satisfatório para agressividade I)**
3. Cimento (rejeito de fábrica de argamassa), areia média natural e água. Resistência média de 26,90 [MPa]; **(Satisfatório para agressividade I)**

Os ensaios de compressão realizados para a argamassa demonstram sua firme resistência à compressão e possível aplicação para recobrimento de reforços estruturais. Ainda serão realizados ensaios de aderência para as mesmas, porém, não existe norma regulamentadora para determinar a resistência de aderência da argamassa convencional.

5 CONCLUSÕES

A pesquisa encontra-se em andamento, tendo sido iniciada em setembro de 2016 e previsão de término em setembro de 2018, onde serão realizados traços de argamassa e de concreto para as agressividades II, III e IV. Mesmo com os resultados preliminares, pode-se considerar que a empregabilidade dos resíduos de construção e demolição é satisfatória, uma vez que os resultados obtidos nos ensaios laboratoriais realizados estão em conformidade com as resistências à compressão estabelecidas pelas normas brasileiras.

Outro ponto que deve ser levado em consideração é o custo desses materiais, pois segundo as empresas que realizam o beneficiamento dos mesmos (areia e brita), o custo de aquisição final médio é 50% menor que os extraídos de reservas naturais, ou seja, tem reflexo diretamente proporcional ao custo de fabricação tanto para o concreto quanto para a argamassa. Isso é de suma importância para a indústria da construção, pelas excelentes vantagens custo/benefício.

Por fim, é importante salientar que a contribuição é imensurável para a preservação da natureza, uma vez que na atualidade as reservas naturais têm sido esgotadas, causando impactos muitas vezes irreversíveis,

pois a velocidade de extração é superior à capacidade do meio ambiente se recuperar. Com isso, os benefícios procedentes do emprego dos resíduos se veem nas vertentes do reuso e da não extração dos recursos naturais.

Apesar de muitas empresas investirem na reutilização, há ainda alguns paradigmas a serem vencidos que inibem a sua empregabilidade com uma abrangência maior; a pouca divulgação dos resultados das pesquisas realizadas sobre o tema para a sociedade e a comunidade da construção civil; falta de interesse e confiabilidade no novo, o pensamento engessado - se construir baseado no passado; políticas públicas de maior amplitude, que determinem o tratamento e emprego dos resíduos nas suas licitações, tomando por base municípios brasileiros que já adotaram essa política, a exemplo Belo Horizonte – MG e São José do Rio Preto – SP, que desde 1996 trabalham com a reciclagem e o emprego dos resíduos em vários trabalhos existentes.

Ressalte-se ainda que a construção civil é uma das maiores geradores de resíduos, mas é também a que mais tem a possibilidade de receber esse produto para novas aplicações, nas mais diversas situações.

5 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6118/2014**. Estabelece os requisitos básicos exigíveis para o projeto de estruturas de concreto simples, armada e protendido.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 8953/2015**. Estabelece as classes do concreto em função de sua massa específica, resistência à compressão axial e consistência.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5738/2003**. Concreto: Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5739/2007**. Prescreve o procedimento para moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos e prismáticos de concreto.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 307 de 05 de julho de 2002; nova redação dada pela Resolução 448/2012. - Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil". **Diário Oficial da União**, 18 jan., 2012, p.76.

ISAIA, G. C. (ED.). **Materiais de construção civil e princípios de Ciência e Engenharia dos Materiais**. São Paulo: IBRACON, 2007. 2v. (p. 1603 - Quadro 3).

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

RIBEIRO, Daniel Vêras; MORELLI, Márcio Raymundo. **Resíduos sólidos: problema ou oportunidade?** Rio de Janeiro, RJ: Interciência, 2009.