

ADIÇÃO DE RESÍDUOS RECICLADOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO NA PRODUÇÃO DE ARGAMASSAS SUSTENTÁVEIS

Victor Valério Landim da Silva¹
Gastão Coelho de Aquino Filho¹
Cicero Joelson Vieira Silva¹

RESUMO

A construção é uma das atividades mais antigas que se tem conhecimento e desde os primórdios da humanidade foi executada de forma artesanal, gerando como subprodutos grande quantidade de entulho mineral. Tal fato despertou a atenção dos construtores já na época da edificação das cidades do Império Romano e desta época datam os primeiros registros da reutilização dos resíduos minerais da construção civil na produção de novas obras. O reaproveitamento de resíduos de construção, acarreta a redução de custos em várias etapas do processo construtivo devido à otimização do uso da matéria prima, à agilidade que confere no processo de projeto ou compra dos componentes, ao aumento da produtividade e à diminuição dos desperdícios e das perdas. O objetivo deste projeto de pesquisa foi a adição de resíduos reciclados de construção e demolição na produção de argamassas de Cimento Portland. Após o recolhimento do agregado, o mesmo passou pelo processo de trituração e peneiramento com o intuito de chegar à granulometria ideal para mistura na argamassadeira após o molde dos corpos de provas e o rompimento dos mesmos nas idades de cura de sete e vinte e oito dias com uma resistência satisfatória comparada à argamassa convencional e em contra partida o bônus de reduzir os impactos ambientais pelo lançamento destes produtos na natureza. Todos estes ensaios foram realizados no Laboratório de Análise de Solos no *Campus* Cajazeiras-IFPB. Os procedimentos seguirão as normas da ABNT: índices físicos, granulometria, limites de consistência e compactação. Assim sendo, torna-se relevante a utilização dos recursos disponíveis a realidade de cada região, de forma que produtos abundantes e de baixo custo de exploração podem auxiliar no desenvolvimento de materiais produzidos tecnicamente viáveis e ecologicamente corretos.

Palavras-chave: Resíduos, Argamassa, Sustentável.

ADDITION OF RECYCLED WASTE OF CONSTRUCTION AND DEMOLITION IN THE PRODUCTION OF SUSTAINABLE MORTARS

ABSTRACT

Construction is one of the earliest known activities and since the beginning of mankind has been executed in a craft, generating as by-products a large amount of mineral rubble. This fact attracted the attention of the builders already at the time of the construction of the cities of the Roman Empire and from that time the first records of the reuse of the mineral residues of the civil construction in the production of new works date. The reuse of construction waste entails the reduction of costs in several stages of the construction process due to the optimization of the use of the raw material, the agility that it gives in the design process or purchase of the components, the increase of the productivity and the reduction of the wastes and Of losses. The objective of this research project was the addition of recycled construction and demolition waste in the production of Portland cement grout. After the aggregation was collected, it was crushed and sieved in order to obtain the ideal granulometry for mixing in the grout after the molding of the test specimens and breaking them at the curing ages of seven and twenty-eight days We achieved a satisfactory resistance compared to conventional grout and in contrast the bonus of reducing environmental impacts by the launch of these products in nature. All of these tests were carried out at the Soil Analysis Laboratory at Cajazeiras Campus-IFPB. The procedures will follow ABNT standards: physical indexes, grain size, consistency limits and compaction. Therefore, the utilization of the resources available to the reality of each region becomes relevant, so that abundant and low-cost products can help in the development of technically feasible and ecologically correct materials.

Keywords: Waste. Mortar. Sustainable.

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba. E-mail: vic.landim@hotmail.com; gascoelho@hotmail.com; cjoelson@ymail.com.

INTRODUÇÃO

A construção é uma das atividades mais antigas que se tem conhecimento e desde os primórdios da humanidade foi executada de forma artesanal, gerando como subprodutos grande quantidade de entulho mineral. Tal fato despertou a atenção dos construtores já na época da edificação das cidades do Império Romano e desta época datam os primeiros registros da reutilização dos resíduos minerais da construção civil na produção de novas obras.

Tendo em vista a necessidade do ser humano de habitar em edificações, a tecnologia tem fornecido com o passar dos séculos conforto, segurança e qualidade de vida a maioria das pessoas. A viabilidade econômica é fator preponderante para que tudo isso seja cabível a realidade das mais variadas classes sociais. Entretanto a escassez de recursos propicia um ambiente de inovação com o intuito de desenvolver métodos e produtos que minimizem os custos e alavanquem o sistema produtivo. Por sua vez a construção civil se utiliza dessa realidade para fluir com o auxílio da ciência.

Entretanto, só a partir de 1928 começaram a ser desenvolvidas pesquisas de forma mais sistemática para avaliar o consumo de cimento, a quantidade de água e o efeito da granulometria dos agregados oriundos de alvenaria britada e de concreto.

A sustentabilidade é baseada em três aspectos: o ambiental, o econômico e o social, que devem coexistir em equilíbrio. Como estes aspectos representam variáveis independentes, as escolhas resultantes serão diferentes em cada situação apresentada. Portanto, não existem receita nem cálculo absoluto que determine o que deve ser feito ou não, para que um projeto caminhe na direção de uma maior sustentabilidade, sendo a proposta de cada projeto fruto de escolhas específicas, únicas e originais.

De acordo com o Dicionário Michaelis (2017) o entulho, como vulgarmente esses resíduos são denominados, é definido como “Caliça, pedregulhos, areia, tudo que sirva para aterrar, nivelar depressão de terreno, vala. Restos de tijolos, argamassa. Materiais inúteis resultantes da demolição. Caliça, Fragmentos de argamassa resultantes da demolição de obras de alvenaria”.

Nas últimas décadas, políticas e incentivos vêm sendo adotados pelo Estado e empresas privadas visando promover o desenvolvimento com menor impacto possível. No Brasil, a Resolução 307/2002 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) proporcionou um grande avanço na construção civil, visto que ela atribui responsabilidades aos geradores, transportadores e gestores públicos do RCD. O gerador dos resíduos é responsável também pela

sua destinação e por essa razão as empresas buscam medidas visando à redução de perdas e aproveitamento de resíduos através da reciclagem. Neste sentido, a reutilização e reciclagem de resíduos sólidos apresentam diversas vantagens potenciais do ponto de vista do desenvolvimento sustentável (SILVA, 2000).

O reaproveitamento de resíduos de construção, acarreta a redução de custos em várias etapas do processo construtivo devido à otimização do uso da matéria prima, à agilidade que confere no processo de projeto ou compra dos componentes, ao aumento da produtividade e à diminuição dos desperdícios e das perdas. A utilização de materiais reciclados no processo construtivo, sejam oriundos da construção civil ou não, reduz a demanda por insumos não renováveis, além de reduzir a pressão ambiental nas áreas destinadas ao descarte sendo uma alternativa de uso de materiais convencionais, os quais geram um impacto maior no ambiente devido a todo o seu processo de fabricação.

Embora as técnicas de reciclagem dos resíduos minerais de construção e demolição tenham evoluído não se pode afirmar com absoluta convicção que a reciclagem tenha se tornado uma ideia amplamente difundida.

Espera-se dessa maneira produzir um material que atenda as expectativas desejadas quanto a resistência e estética final do produto e que seja de maneira direta ecologicamente correto, diminuindo conseqüentemente os impactos causados pelo despejo dos resíduos de construção e demolição no meio ambiente, decorrente do descarte inadequado destes materiais na natureza.

MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Análise de Solos no *Campus* Cajazeiras do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB).

Os resíduos de construção e demolição foram coletados nas obras do município de cajazeiras e cidades circunvizinhas. Depois de coletado, o material foi processado e triturado manualmente e depois peneirado buscando-se a granulometria ideal. O cimento Portland utilizado CII-Z-32.

Os procedimentos seguiram as normas da NBR quanto à atividade que está sendo desenvolvida. A partir da disponibilidade de todos os materiais previstos, as misturas foram feitas na argamassadeira com as dosagens no traço de 1 : 5 (cimento e agregado).

Caracterização física do agregado

Foi realizada a coleta do agregado em obras distintas, analisando-as em laboratório e foi definida a granulometria que melhor se adequa-se a proposta da argamassa sustentável, considerando como pontos prioritários a eco eficiência e resistência satisfatória do produto.

Após recolhido o material foi separado, eliminando resto de ferragens e madeiras, e utilizando somente o agregado. Após triagem deu-se início o processo de quebra do material, e depois de trituração/maceramento manual, e observando a granulometria que melhor se adequa-se ao que se propunha.

Depois de trituração a mistura passou pelo processo de peneiramento, e foi utilizada no processo a peneira de numeração 4.75, chegando assim a uma granulometria ideal.

Procedimentos aplicados à composição

Com o intuito de adicionar a quantidade mínima de cimento e maximizar a utilização do resíduo de construção e demolição triturado, adotaram-se para estudo de dosagens, no que se refere à quantidade de cimento e agregado utilizados.

Analisando este conjunto de recursos disponíveis, teoricamente são ideais para a fabricação da argamassa sustentável enriquecida com a adição de resíduos de construção e demolição, não somente tendo em vista a qualidade da matéria prima como também a facilidade econômica de obtenção dos mesmos.

Os estudos visando viabilizar a substituição do agregado natural por agregados reciclados se justifica ao analisar o crescente aumento que vem ocorrendo na distância entre as fontes de recursos naturais e os locais de novas construções. Em 1992, HANSEN já falava da dificuldade de encontrar bons agregados naturais próximos a áreas urbanas.

Além da intensa exploração dos recursos naturais, de acordo com PIMENTEL et al. (2007), os resíduos gerados são abandonados e estocados de maneira imprópria no Brasil, sendo que, de todo o lixo gerado pelas grandes cidades, 50% corresponde a resíduos provenientes da construção civil.

A substituição dos materiais convencionais pelo entulho resulta em economia na aquisição de matéria-prima e conseqüentemente com a reciclagem, há ainda a minimização da poluição causada pelos resíduos, que podem causar assoreamento de rios e córregos e conseqüente em enchentes em área ribeirinhas. É importante destacar que o descarte incorreto também traz sérias conseqüências para o ambiente urbano em geral, propiciando de maneira

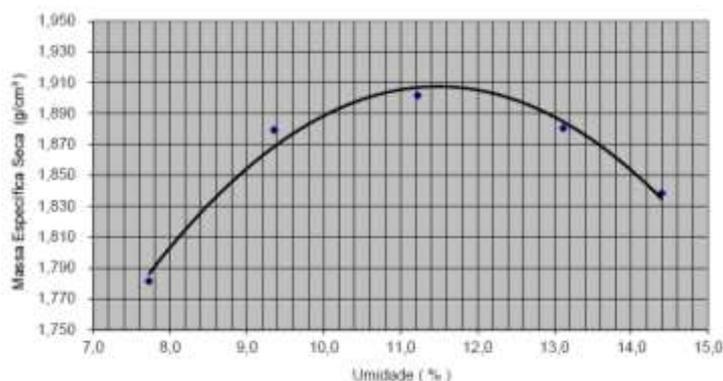
direta a propagação de enfermidades endêmicas e a proliferação de roedores e insetos. Logo o encaminhamento inadequado desses materiais acarreta prejuízos mútuos do ponto de vista ambiental e social.

Além disso, algumas pesquisas (PERA, 1996, SAGOE-CRENTSIL et al., 1998) demonstraram que cerca de 40 a 50% de todo o material reciclado se torna finos, o que sugere a substituição da areia natural por este material. Entretanto, para que um novo produto seja aceito no mercado, em qualquer indústria, é necessário conhecer muito bem o seu comportamento físico, químico e tecnológico (LEITE, 2001).

Para cada mistura de agregado triturado e cimento foram executados ensaios de compactação de Proctor Normal. As energias de compactação especificadas pela norma brasileira NBR 7182 (ABNT, 2016) são: normal, intermediária e modificada. A energia de compactação utilizada nos ensaios foi a Proctor Normal, sendo utilizado, o soquete e o cilindro pequenos. A mistura foi compactada segundo a NBR 12023 (ABNT, 2012) em 3 camadas iguais, sendo aplicados 26 golpes por camada, número de golpes necessário para atingir o valor da energia Proctor Normal de 583 kJ/m^3 , sendo determinada a umidade ótima (w_{ot}) e massa específica seca máxima (ρ_{dmax}) de cada mistura.

Em todos os ensaios realizados, as misturas foram executadas em argamassadeira, sendo primeiramente misturados cimento e agregado triturado após atingir homogeneidade adequada foi adicionado água. Para tomar medidas de referência quanto à quantidade de água a ser adicionado, foi realizado um ensaio prévio de compactação de Proctor Normal com o agregado sem a mistura, cujo resultado encontra-se na Figura 2.

Figura 1: Curva de compactação do solo selecionado

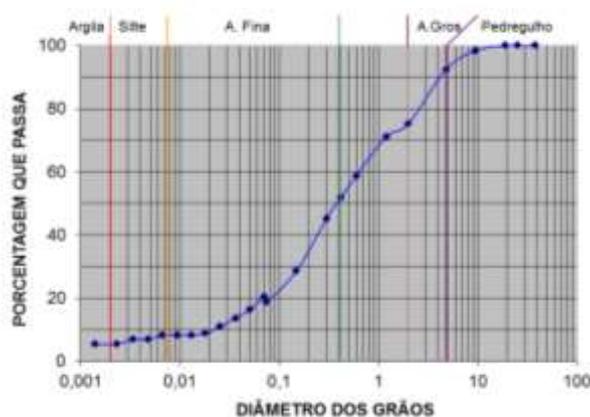


Fonte: Própria.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise tátil e visual inicial foi comparada e confirmada por meio de ensaios de laboratório, cujos resultados foram comparados por curvas granulométricas de referências, obtidas na bibliografia. O agregado coletado foi aquele isento de materiais que em sua composição encontra-se ferro e madeira, os resíduos foram analisados de acordo com as normas da ABNT: índices físicos, granulometria cujo resultado encontra-se no Figura 2, limites de consistência que não apresentaram resultados e, compactação.

Figura 2 – Curva Granulométrica do Solo



Fonte: Própria.

Os resíduos de construção e demolição triturados inicialmente foram adicionados com quantidades de 1000 ml e 750 ml, estas porcentagens não ofereceram resultados satisfatórios quanto à resistência e estética final do produto proposto.

No decorrer do processo de moldagem dos corpos de prova foi constatado que as misturas apresentaram perda considerável de plasticidade durante a moldagem, perceptível pouco tempo após a homogeneização de todos os materiais da mistura. Logo a confecção dos corpos de prova não obtiveram uma similaridade, a dosagem 4 apresentou maior dificuldade de moldagem dos corpos de prova, visto que a mesma possui maior quantidade de resíduo triturado, o que induz a justificar que o tempo de plasticidade ideal está diretamente ligado a quantidade de adição de resíduo triturado introduzida à mistura, essa particularidade deve-se a característica natural do agregado de possuir alta absorção de água.

Na Dosagem 5 com o traço de 1:5 (1 quilo de cimento para 5 quilos de agregado), foi possível moldar corpos de prova esteticamente agradáveis. Os corpos de provas foram rompidos com sete, vinte um dias e obtidos os resultados de acordo com a Quadro 1.

Quadro 1 – Resistência a Compressão em Diversas Idades

| | |
|---------|----------|
| 7 dias | 21 dias |
| 8,0 MPa | 16,0 MPa |

Verificou-se que independente de idade os melhores resultados em desempenho mecânico foram alcançados na dosagem 5. O maior valor resistência encontrado foi de 16,0 MPa aos 21 dias.

Como já era de se esperar, durante o período de cura houve ganho significativo da resistência em todas as dosagens, e em particular, na dosagem 5. Um parâmetro evidenciado foi o aumento da massa específica aparente seca máxima na dosagem 4, é justificável essa particularidade pois a dosagem 4 foi composta por uma maior quantidade de resíduo triturado, que por ser um material denso ocupa o espaços vazios, além disso promoveu maior lubrificação dos grãos influenciando diretamente a compactação.

Em relação a mistura realizada em laboratório com todos os materiais envolvidos, os níveis de água utilizado foi determinado a partir da homogeneidade da mistura, acrescentando-se de acordo com que era observado no processo, buscando chegar ao estado de boa trabalhabilidade.

De acordo com os valores obtidos através do rompimento dos corpos de provas, verifica-se que se pode avaliar a aplicabilidade em produtos que não exigem grandes resistências. Obtemos também um produto esteticamente bem estruturado e com designer singular, podendo assim ser usado com eficácia amplamente no ramo da construção civil.

Segue abaixo todos os processos de produção dos corpos de prova da argamassa com adição do agregado.

Figura 3- Determinação da massa agregado



Fonte: Própria

Figura 4- Moldagem dos corpos de prova



Fonte: Própria

Figura 5- Corpos de prova moldados



Fonte: Própria

Figura 6- Processo de cura



Fonte: Própria

Figura 7- Corpos de prova desenformados



Fonte: Própria

Figura 8- Determinação da resistência



Fonte: Própria

Figura 9- Corpos de prova rompidos



Fonte: Própria

CONCLUSÃO

O uso de materiais ecologicamente corretos no processo da construção civil, acarreta a redução de custos em várias etapas do processo construtivo devido à otimização do uso da matéria prima, à agilidade que confere no processo de projeto ou compra dos componentes, ao aumento da produtividade e à diminuição dos desperdícios e das perdas. Os materiais pré-fabricados reduzem o impacto ambiental e econômico, uma vez que os materiais são fabricados com controle de qualidade, maior durabilidade, menor desperdício durante a produção, menor variabilidade de características como resistência, dimensões; entre outros. A utilização de materiais reciclados no processo construtivo reduz a demanda por aqueles insumos não renováveis e também a pressão ambiental nas áreas destinadas ao descarte sendo a alternativa para o uso de materiais convencionais, os quais geram um impacto maior no ambiente devido a todo o seu processo de fabricação.

Compete salientar que, para fins de recomendação prática, outros testes mecânicos deverão ser realizados, como compressão diametral e capacidade de absorção, como também estudo de outras variações de dosagens.

Infelizmente, estes materiais ecológicos, como são conhecidos, enfrentam dificuldades em ser amplamente aceito no mercado na maioria das vezes pelo seu custo, porém a falta de informação, quanto a sua durabilidade em relação aos materiais usados comumente ainda é muito grande. O que em longo prazo traz benefícios mútuos, comparadas às técnicas tradicionais de construção.

REFÊRENCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 248:2003 – Agregados - Determinação da Composição Granulométrica.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7215:1996 – Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9778:2005 – Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9779:2012 – Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por capilaridade.

CONAMA (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE), Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002: **Diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de resíduos da construção civil**, julho, 2002.

DICIONÁRIO BRASILEIRO DE LÍNGUA PORTUGUESA MICHAELIS, Disponível em < <http://michaelis.uol.com.br/busca?id=2ZdW> >. Acesso em: 03 de janeiro de 2017.

HANSEN, T. C. Recycling of demolished concrete and masonry. Chapman & Hall, 316p. Part One: Recycled aggregates and recycled aggregate concrete. London, 1992.

LEITE, M. B. Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição. Tese de Doutorado, UFRGS, Rio Grande do Sul, Brasil, 2001.

PERA, J. State of the art report – use of waste materials in construction in Western Europe. In: Workshop sobre reciclagem e reutilização de resíduos como materiais de construção. São Paulo, 1996.

PIMENTEL, L. L.; LINTZ, C. C. R.; SACRAMENTO, W.; ARAUJO, R. Utilização de resíduos da construção para a produção de argamassa de revestimentos. In: 49º Congresso Brasileiro de Concreto IBSN 97885, Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul, 2007.

SAGOE-CRENTSIL, K.; TAYLOR, A.; BROWN, T. Properties of concrete incorporating fly ash and recycled demolition waste. In: Materials and Technologies for sustainable construction – CIB World Building Congress, v.1, pp. 443-449, 1998.

SILVA, V. G. **Avaliação do desempenho ambiental de edifícios**. Qualidade na Construção. São Paulo, n. 25, pp. 14- 22, 2000.

Recebido em 11 de agosto de 2017.

Aprovado em 27 de fevereiro de 2018.