

ESTUDO DE VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DO RESÍDUO DO PÓ DE PEDRA COMO AGREGADO MIÚDO EM CONCRETO

Anaiza Anália Silva dos Santos Bezerra (*), Athos Alen Cabral Dantas Barbosa, Arthur Antunes Cabral Dantas Barbosa, Allan Araújo Veloso, Layanne Pereira Santos

* Universidade Federal Rural do Semi-Árido, anaizaanalina@outlook.com

RESUMO

Atualmente o concreto é um material amplamente disseminado e pode ser encontrado em diferentes tipos de obras. A utilização progressiva do concreto gera uma crescente demanda por insumos, entre esses encontra-se a areia natural, que é tradicionalmente utilizada nos concretos para diversos fins. No Brasil e no mundo vem crescendo pesquisas que tratam da substituição parcial ou total da areia natural no concreto por material alternativo, como por exemplo, os resíduos sólidos. No processo de beneficiamento das rochas naturais na etapa de britagem são gerados vários tipos de resíduos que são depositados na natureza, dentre estes encontrasse o pó de pedra que possui baixo valor comercial e geralmente não é utilizado na construção civil. Dessa forma este trabalho tem como objetivo principal realizar o estudo da viabilidade da utilização do resíduo de pó de pedra (areia artificial) em substituição ao agregado miúdo (areia natural) na produção de concreto simples. Para o desenvolvimento do trabalho foram moldados e curados corpos de prova cilíndricos de concreto de 5 traços diferentes, com substituição do agregado miúdo natural pelo resíduo de pó de pedra obedecendo às proporções de 0%, 25%, 50%, 75% e 100%. Foram realizados ensaios de caracterização granulométrica na areia natural e do resíduo de pó de pedra, de abatimento do tronco de cone e o de resistência à compressão simples. Os resultados encontrados indicam que a quantidade de finos existentes no resíduo de pó de pedra é maior que a quantidade apresentada pela areia natural. Com relação a resistência à compressão axial obtida aos 28 dias, de forma geral apresentaram valores baixos de resistência. Os concretos compostos com 0% do resíduo pó de pedra apresentaram menor resistência, enquanto que os concretos compostos com 75% e 100% apresentaram maiores valores de resistência à compressão. O uso do pó de pedra em substituição parcial e total da areia natural para os traços definidos pode ser utilizado de forma satisfatória na confecção de concretos simples com fins não estrutural.

PALAVRAS-CHAVE: Construção civil, Concreto simples, Resíduo, Pó de pedra

INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos o concreto tem sido considerado o material de construção civil mais utilizado devido suas qualidades e propriedades. Atualmente este material está amplamente disseminado e pode ser encontrado em diferentes tipos de obras. Seu consumo anual está estimado em 11 bilhões de toneladas (CONCRETO E CONSTRUÇÃO, 2009).

Considerado uma pedra artificial que se molda à criatividade construtiva do homem, o concreto desenvolve, após seu endurecimento, resistência similar a das rochas naturais e durante seu estado fresco, se apresenta de forma plástica que possibilita sua moldagem em diferentes tipos de formas e tamanhos (CONCRETO E CONSTRUÇÃO, 2009).

A produção do concreto se dá a partir dos seus materiais constituintes, em uma série de etapas de forma a se obter um concreto com características especificadas já em projeto. Os materiais utilizados no preparo do concreto devem ser analisados previamente, conforme normas e procedimentos estabelecidos pela ABNT.

O concreto é material composto por cimento, água, agregado miúdo e agregado graúdo, e ar, podendo conter adições e aditivos químicos. Este deverá apresentar, quando recém-misturado, propriedades de plasticidade que facilitam sua moldagem e quando endurecido, propriedades que atendam suas especificações (YAZIGI, 2009).

A utilização progressiva do concreto gera uma crescente demanda por insumos, entre esses encontra-se a areia natural, que é tradicionalmente utilizada e está associada à qualidade do concreto (PINTO et al., 2016). Tem crescido consideravelmente no Brasil a substituição parcial ou total da areia natural no concreto por um material alternativo. Uma alternativa viável é a utilização de um tipo de resíduo, que proporcionará várias vantagens ambientais, econômicas e técnicas.

Os resíduos podem ser empregados em substituição e/ou adição aos agregados no concreto. Na literatura nos deparamos com diversos tipos, como: pozolana, cinzas volantes, pó de mármore, sílica ativa, entulho de construção, metacaulim,

cinza de casca de arroz, filler, escórias de aciaria, escória de alto-forno, pó de botões, diferentes tipos de fibras, pó de brita, pó do vidro e outros.

No processo de beneficiamento das rochas naturais na britagem são gerados vários tipos de resíduos que são depositados na natureza, dentre estes encontra-se o pó de pedra que possui baixo valor comercial, geralmente, não é utilizado na construção civil

A geração de resíduos é um dos principais problemas ambientais e econômicos na indústria extrativa de pedra britada, onde uma parcela significativa de suas reservas minerais acaba sendo perdida devido à inadequada disposição ou descarte do pó de pedra produzido, que normalmente são estocados ao ar livre em grandes quantidades (SCHUMACHER, 2007).

A utilização do resíduo de pó de pedra como agregado miúdo no concreto convencional oferece benefícios ambientais através da otimização de processos mineiros, do aproveitamento dos resíduos e dos impactos produzidos pela extração da areia natural. Além proporcionar vantagens econômicas já que o produto quando comparado à areia natural é menos valorizado (SCHUMACHER, 2007). Assim, neste trabalho, será realizado um estudo da viabilidade da utilização do resíduo de pó de pedra como substituição parcial e total do agregado miúdo em concreto.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é realizar um estudo da viabilidade da utilização do resíduo pó de pedra (areia artificial) em substituição ao agregado miúdo (areia natural) na produção de concreto simples.

MATERIAIS E METODOS

CIMENTO PORTLAND

Para a produção dos concretos foi utilizado o cimento composto CP II Z -32 (Cimento Portland Composto com Pozolana, resistência à compressão de 32 Mpa após 28 dias) da marca Poty. Optou-se pela utilização do referido cimento por ser muito utilizado em obras convencionais na região e comumente encontrado no comércio local da cidade de Angicos/RN.

AGREGADO GRAÚDO

Nessa pesquisa foi utilizado como agregado graúdo a brita 01 com diâmetro de 19 mm, de acordo com a classificação da NBR 7217 (1987). Optou-se por apresentar uma granulometria comumente usada nos canteiros de obras da região. O produto foi adquirido de um único lote no comércio local da cidade de Angicos/RN.

AGREGADO MIÚDO (AREIA NATURAL)

A areia natural utilizada na composição do concreto pesquisado foi obtida no comércio local da cidade de Angicos/RN. Todo o material foi seco ao ar livre, homogeneizado e em seguida passado na peneira de malha 4,8 mesh, sendo retirada toda a fração superior a essa malha.

RESÍDUO DO PÓ DE PEDRA

O resíduo utilizado na pesquisa como substituição total e parcial do agregado miúdo foi o pó de pedra, proveniente do processo de extração e britagem de rochas na Pedreira Itajá, localizada no município de São Rafael/RN. Na Figura 7, pode-se observar a estocagem no pátio da Pedreira Itajá o resíduo de pó de pedra.



Figura 1: Estocagem do resíduo de pó de pedra na Pedreira Itaja. Fonte: Autor do Trabalho.

ÁGUA DE AMASSAMENTO

A água utilizada na produção do concreto na realização dos ensaios foi a água potável proveniente da rede pública de abastecimento do município de Angicos/RN, distribuída pela CAERN.

MOLDAGEM E CURA DOS CORPOS DE PROVA CILINDRICOS DE CONCRETO

Foram obtidos 5 traços de concreto, para cada traço moldados 3 corpos de prova cilíndricos com dimensões 20x10cm totalizando em 15 corpos de provas. A substituição do agregado miúdo natural pelo resíduo de pó de pedra obedeceu às proporções de 0%, 25%, 50%, 75% e 100% do agregado miúdo (areia natural) pelo resíduo de pó de pedra.

O traço com 0% de resíduo será o concreto convencional considerado traço de referência, na proporção de 1:2:3:0,7 (cimento Portland CP II Z – 32: agregado miúdo: agregado graúdo: água de amassamento). As proporções dos materiais utilizados nos diferentes traços da produção do concreto encontram-se dispostas na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1. Proporção dos materiais utilizados nos traços de concreto. Fonte: Autor do Trabalho.

| COMPONENTES | SP | P25 | P50 | P75 | P100 |
|---------------|------|------|------|------|------|
| CP-II-Z-32 | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| BRITA | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| AREIA NATURAL | 100% | 75% | 50% | 25% | 0% |
| PÓ DE PEDRA | 0% | 25% | 50% | 75% | 100% |

A moldagem foi realizada de acordo com os procedimentos da NBR 5738 (2015) que aborda o procedimento para moldagem e cura de corpos de prova de concreto. Na pesquisa foi utilizado o misturador basculante (betoneira) com uma capacidade de 150 litros, para executar todos os traços obtidos.

ENSAIOS REALIZADOS

ENSAIOS DE DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA DA AREIA NATURAL E DO RESÍDUO DE PÓ DE PEDRA

No agregado miúdo (areia natural) e no resíduo de pó de pedra foi realizado o ensaio de caracterização granulométrica, pelo método do peneiramento para determinação da composição granulométrica desses agregados, esse procedimento seguiu as exigências da NBR NM 248 (2003) e foi realizado no Laboratório de ensaios de Materiais (LEMAT) na UFERSA – Campus Mossoró.

O ensaio consiste em separar os grãos da areia conforme o tamanho, através do peneiramento, foram formadas duas amostras de cada material com massa de 500g cada, obedecendo a quantidades mínimas para o ensaio de determinação das composições granulométricas de agregados. As amostras do agregado miúdo e do resíduo de pó de pedra foram

secas em estufa, colocou-se o material na série de peneiras normal usada no ensaio, arrumadas com abertura de malha em ordem crescente da base para o topo, em seguida foram colocadas no vibrador mecânico durante 5 minutos para realizar o peneiramento.

Concluída essa etapa faz-se a soma das porcentagens retidas acumuladas das peneiras da série normal, chegando ao módulo de finura, sendo o diâmetro máximo das partículas (D_{max}) igual ao número de peneira da serie normal na qual a porcentagem acumulada e inferior ou igual a 5%.

Na Figura 2 observa-se as amostras utilizadas para realização do ensaio de caracterização granulométrica, pelo método do peneiramento.



Figura 2: Amostra para realização do ensaio de peneiramento . Lado direito areia natural; Lado esquerdo o pó de pedra. Fonte: Autor do Trabalho.

ENSAIOS DE ABATIMENTO DE TRONCO DE CONE

No estado fresco do concreto foi realizado o ensaio de abatimento do tronco de cone, também conhecido como Slump Test. A determinação da consistência do concreto fresco foi determinada através da NBR NM 67 (1998). O ensaio foi realizado na UFERSA – Campus Angicos/RN.

O ensaio indicou-se com a coleta da amostra de concreto e com a colocação da fôrma tronco-cônica sobre uma placa metálica bem nivelada, onde os pés se apoiaram sobre as abas inferiores do cone. Foram realizadas três camadas, cada uma golpeada 25 vezes e sem penetrar a camada inferior. Após a compactação da última camada, o excesso de concreto foi retirado, e a superfície alisada com uma régua metálica, para a retirada do cone, por fim foi medido o abatimento. O valor do abatimento é a medida do adensamento do concreto logo após a retirada do molde cônico (NBR NM 67, 1998).

ENSAIOS DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO SIMPLES

No estado endurecido do concreto aos 28 dias (Figura 3) foi realizado o ensaio de resistência à compressão simples, para verificação da carga máxima que o concreto pode sofrer sem se romper. O ensaio seguiu as exigências da NBR 5739 (2007). O mesmo ocorreu no Laboratório de Materiais de Construção (LMC) do IFRN – Instituto Federal do Rio Grande do Norte, Campus Mossoró.



Figura 3: Corpos de prova de concreto aos 28 dias. Fonte: Autor do Trabalho.

A execução do ensaio iniciou-se com a determinação do diâmetro e altura dos corpos de prova, em seguida foi realizada a retificação nos corpos de prova. A máquina que realizará o ensaio era equipada com dois pratos de aço, cujas superfícies de contato com o corpo de prova tenham sua menor dimensão 4% maior em relação ao maior diâmetro do corpo de prova. O corpo de prova foi centralizado cuidadosamente no prato inferior, com o auxílio dos círculos concêntricos de referência, em seguida o carregamento foi aplicado continuamente e sem choques. O carregamento só foi cessado quando houve uma queda de tensão indicando a ruptura do corpo de prova (NBR 5739, 2007).

RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos nos ensaios realizados. Buscando estabelecer correlação entre as diferentes variáveis estudadas, observando a influência das substituições total e/ou parcial do resíduo de pó de pedra como agregado miúdo nos concretos em estudo, quanto à resistência à compressão e sua a viabilidade da utilização.

DISTRIBUIÇÃO GRANULOMETRICA DOS GRÃOS

A areia natural e o resíduo de pó de pedra foram submetidos ao ensaio de análise granulométrica do tipo peneiramento, a fim de determinar a composição granulométrica para estes agregados miúdos. Na Tabela 2 são apresentados os resultados da composição granulométrica da areia natural utilizada no trabalho.

Tabela 2. Composição granulométrica da areia natural. Fonte: Autor do Trabalho.

| PENEIRAMENTO | | | | | |
|--------------------------------|------------------|------------------|----------------------------------|---------------------------|----------------|
| Abertura da Peneira ABNT (mm) | Massa Retido (g) | Massa Retida (%) | Porcentagem Retida Acumulada (%) | Porcentagem que Passa (%) | Execução (NBR) |
| 4,75 | 16,6 | 3,32 | 3,32 | 96,68 | NM 248:2003 |
| 2,36 | 19,5 | 3,9 | 7,22 | 92,78 | |
| 1,18 | 61,0 | 12,2 | 19,42 | 80,58 | |
| 0,6 | 88,7 | 17,74 | 37,16 | 62,84 | |
| 0,3 | 145,5 | 29,1 | 66,26 | 33,74 | |
| 0,15 | 145,0 | 29 | 95,26 | 4,74 | |
| <0,15 (Fundo) | 23,7 | 4,74 | 100 | - | |
| TOTAL | 500,0 | | | | |
| Módulo de Finura | | | 2,29 | | |
| Dimensão máxima característica | | | 4,75 mm | | |

Conforme disposto na Tabela 1, o percentual da areia que passa na peneira de 4,75mm é de 96,68%, na peneira de 0,6mm é 62,84% e na peneira de 0,15mm o percentual é de 4,74%. Os resultados obtidos revelam que a areia natural utilizada no trabalho apresentou um diâmetro máximo de 4,75 mm e módulo de finura igual a 2,29 sendo classificada como areia de granulometria média na zona ótima, pois este valor encontra-se dentro do intervalo de $2,20 < MF < 2,90$ de acordo com a NBR 7211 (2009).

Diante dos resultados obtidos dos porcentagem dos retidos acumulados do material em cada peneira foi possível traçar a curva granulométrica da areia natural (Gráfico 1).

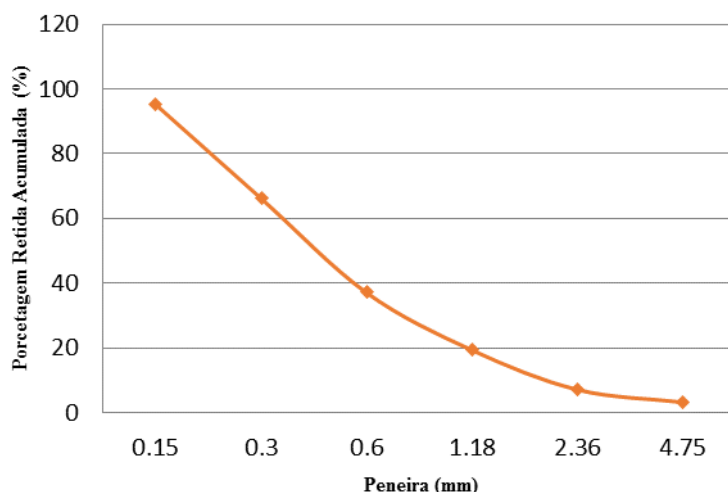


Gráfico 1: Curva granulométrica da areia natural. Fonte: Autor do Trabalho

Na Tabela 3 são apresentados os resultados da composição granulométrica do resíduo de pó de pedra utilizado no trabalho.

Tabela 3. Composição granulométrica do resíduo do pó de pedra. Fonte: Autor do Trabalho.

| PENEIRAMENTO | | | | | |
|--------------------------------|------------------|------------------|----------------------------------|---------------------------|----------------|
| Abertura da Peneira ABNT (mm) | Massa Retido (g) | Massa Retida (%) | Porcentagem Retida Acumulada (%) | Porcentagem que Passa (%) | Execução (NBR) |
| 4,75 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 100 | NM 248:2003 |
| 2,36 | 9,1 | 1,82 | 1,82 | 98,18 | |
| 1,18 | 101,0 | 20,2 | 22,02 | 77,98 | |
| 0,6 | 73,1 | 14,62 | 36,64 | 63,36 | |
| 0,3 | 91,8 | 18,36 | 55,0 | 45,0 | |
| 0,15 | 130,0 | 26 | 81,0 | 19 | |
| <0,15 (Fundo) | 95,0 | 19 | 100 | - | |
| TOTAL | 500,0 | | | | |
| Módulo de Finura | | | 1,96 | | |
| Dimensão máxima característica | | | 2,36 mm | | |

Como pode se observar na Tabela 3, o percentual do pó de pedra que passa na peneira de 4,75mm é igual a 100%, na peneira 0,6mm é 63,36% e na peneira de 0,15mm o percentual é igual a 19%. Os resultados obtidos revelam que o resíduo de pó de pedra na pesquisa apresentou um diâmetro máximo de 2,36 mm e módulo de finura igual a 1,96 sendo classificado como granulometria média na zona utilizável inferior, pois este valor encontra-se dentro do intervalo de $1,55 < MF < 2,20$ de acordo com a NBR 7211 (2009).

Diante dos resultados obtidos dos pesos passantes do material em cada peneira foi possível gerar a curva granulométrica (Gráfico 2) da distribuição granulométrica do resíduo de pó de pedra.

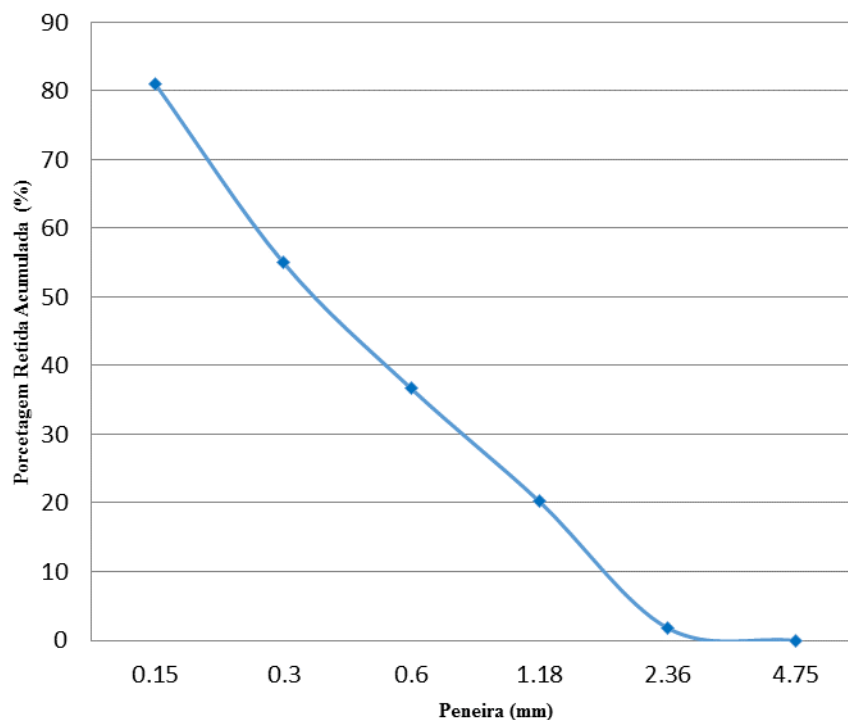


Gráfico 2: Curva granulométrica do resíduo do pó de pedra. Fonte: Autor do Trabalho.

Para comparação dos dois agregados foi plotada a curva granulométrica apresentada no Gráfico 3.

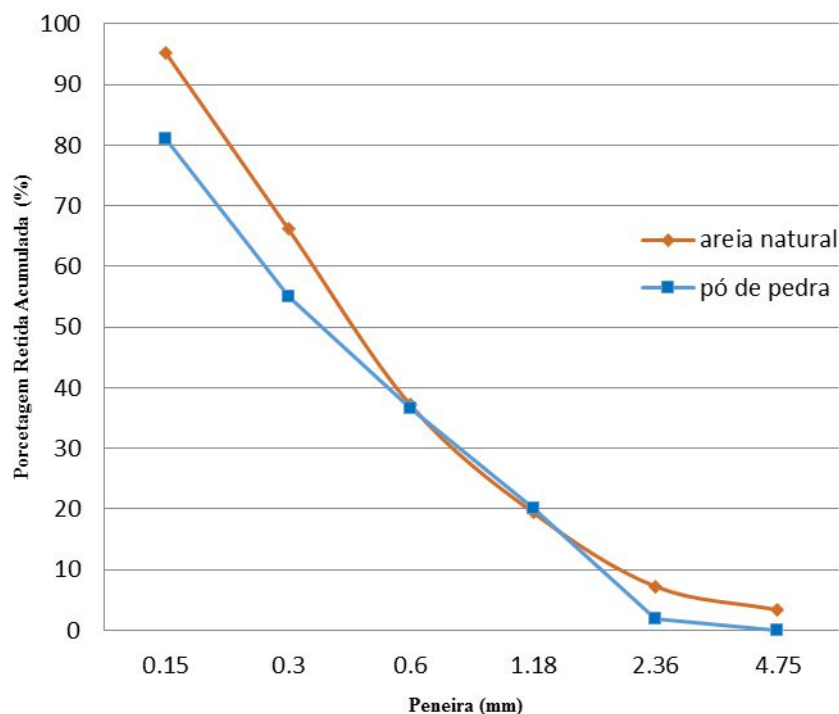


Gráfico 3: Curva granulométrica da areia natural e pó de pedra. Fonte: Autor do Trabalho.

Analisando e comparando a curva granulométrica da areia natural com a curva granulométrica do resíduo de pó de pedra, constata-se que a quantidade de finos existentes no pó de pedra é maior que a quantidade apresentada pela areia natural. Fundamentado nas análises granulométricas anteriores, percebe-se que a areia natural e o resíduo de pó de pedra apresentam percentuais semelhantes nas frações grossas (4,75 mm) e médias (0,6 mm) do ensaio, diferenciando de forma acentuada na fração fina (0,15mm). Pode-se ainda classificar as duas amostras como agregado miúdo médio e

pode-se perceber alterações no módulo de finura e dimensão máxima características dos agregados. Em função do diâmetro máximo obtido para areia natural (4,75 mm) pode-se considera bem graduada, favorecendo positivamente sua utilização em concretos por promover uma melhor trabalhabilidade.

No entanto, os valores estão condizentes com os limites de distribuição granulométrica prescritos pela NBR 7211 (2009) para aplicação dos agregados miúdos (areia natural e resíduo de pó de pedra) na produção do concreto de cimento Portland.

RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL

Na Tabela 3 são apresentados os resultados de resistência à compressão axial obtidos aos 28 dias para as amostras sem resíduo de pó de pedra e amostras com 25%, 50%, 75% e 100% de substituição do resíduo de pó de pedra.

Tabela 3. Resistência a compressão dos corpos de prova de concreto. Fonte: Autor do Trabalho.

| TRAÇO | RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO SIMPLES (σ) | | | |
|-------|---|---------------|---------------|----------------------|
| | C.P. 01 (MPa) | C.P. 02 (MPa) | C.P. 03 (MPa) | Média σ (MPa) |
| SP | 13,04 | 11,20 | 11,16 | 11,80 |
| P25 | 12,56 | 12,46 | 11,92 | 12,31 |
| P50 | 13,66 | 13,34 | 12,88 | 13,29 |
| P75 | 16,75 | 15,61 | 15,54 | 15,97 |
| P100 | 16,40 | 16,29 | 16,20 | 16,30 |

Para melhor visualização dos valores obtidos foi plotado o Gráfico 4, que representa resultados obtidos das médias das resistências à compressão axial em função do percentual de substituição.

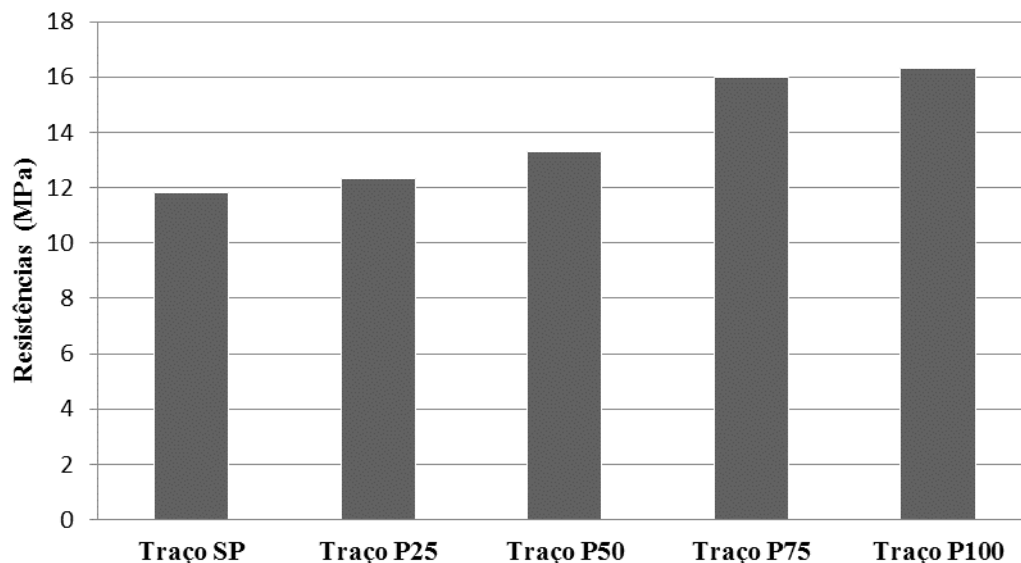


Gráfico 4: Resistência a compressão axial. Fonte: Autor do Trabalho.

Ao analisar os resultados obtidos, observando a Tabela 3 e o Gráfico 4, percebe-se que os concretos, de forma geral apresentaram valores baixos de resistência, sendo considerado, de acordo com Mehta e Monteiro (2008) um concreto de baixa resistência. Concretos que apresentam esses valores de resistências podem ser utilizados em diversos tipos de construções, mas com função não estrutural, dentre estas lastros de pisos, preenchimento de valas de fundações corridas e outras, pois a NBR 6118 (2014) cita que para fins estrutural a resistência mínima aceitável é 20MPa.

Percebe-se que os concretos compostos com 0% do resíduo pó de pedra, apresentou menor resistência à compressão simples, quando comparado com os demais traços. Observa-se também no Gráfico 4, que a substituição do resíduo de pó de pedra nos concretos compostos com 75% e 100% apresentaram maiores valores na resistência à compressão, na medida que se aumentou os percentuais de substituição do resíduo ocorreu o aumento de resistência em todos os traços.

O resíduo de pó de pedra é um material muito fino, e devido a essa característica consegue preencher os vazios, diminuindo a porosidade e consequentemente aumentando a resistência à compressão, ou seja, o resíduo atuou como

efeito filer nestes concretos, diminuindo os espaços vazios da pasta de cimento, e, conseqüentemente, proporcionando ganho de resistência e melhoria na sua qualidade.

Ainda de acordo com os dados apresentados percebe-se que os resultados das resistências à compressão para os traços SP, P25 e P50 não se observa discrepâncias entre os resultados apresentados. Apresentou valores maiores em relação ao traço SP a partir de 50% de substituição do resíduo de pó de pedra. Pode-se atribuir esse fato considerando que com 25% de resíduo no traço ainda há uma predominância de areia natural (75%) permitindo que esse traço seja similar ao traço SP.

Realizou-se para os traços o ensaio de Slump Test os quais obteve-se para traço de referência uma medida de 22cm de abatimento e para os traços com percentuais de 75% e 100% obteve-se abatimentos de 12 e 7cm, respectivamente.

Segundo a classificação descrita por Pimenta (2012) pode-se classificar todos os traços citados como concretos de consistência fluida para o traço SP e concreto de consistência plástica para o traço P75 e P100.

Observou-se que na medida em que a quantidade de finos aumentou o abatimento tende a diminuir, isso acontece por que quanto maior o teor de fino mais água é necessário na mistura, a presença do resíduo de pó de pedra tanto melhorou a resistência como também essa consistência.

Em pesquisa realizada percebeu-se a necessidade de se utilizar um fator a/c maior e mantido constante para que pudéssemos moldar todos os traços definidos, já que não iríamos trabalhar com utilização de aditivos químicos nos concretos. A relação a/c adotada foi de 0,7, um fator alto devido à quantidade de finos que estariam presentes na composição dos traços. Conforme Almeida (2002) essa relação tem interferência direta na resistência e trabalhabilidade do concreto, quanto menor for o teor de água, maior será a resistência e menor é a trabalhabilidade.

CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo realizar um estudo da viabilidade da utilização do resíduo de pó de pedra como agregado miúdo em concreto, para identificar se o concreto com a substituição do resíduo de pó de pedra pode ser utilizado na indústria da construção civil para determinados fins, para tanto foram realizados alguns ensaios. Diante do exposto e das condições de realização do trabalho, pode-se considerar que:

- Os valores obtidos na caracterização dos agregados miúdos estão condizentes com os limites de distribuição granulométrica prescritos pela NBR 7211 (2009) para utilização na produção do concreto de cimento Portland;
- A areia natural e o resíduo de pó de pedra apresentaram no ensaio de caracterização granulométrica percentuais semelhantes nas frações grossas e médias, diferenciando-se de forma acentuada na fração fina;
- O resíduo de pó de pedra apresentou uma quantidade de finos maior que a quantidade apresentada pela areia natural;
- O teor das frações finas e graúdas de cada agregado miúdo tem influência no comportamento dos concretos, tanto no estado fresco quanto no estado endurecido;
- Os concretos de traço com 0% do resíduo pó de pedra apresentou menor resistência à compressão simples;
- Os concretos de traços com 75% e 100% do resíduo de pó de pedra apresentaram maiores valores na resistência à compressão;
- Nas resistências à compressão para os traços SP, P25 e P50 não observou-se discrepâncias entre os resultados apresentados;
- Apresentou valores maiores em relação ao traço SP a partir de 50% de substituição do resíduo de pó de pedra;
- O traço de referência (SP) que apresentou menor resistência à compressão foi classificado com consistência fluida e os traços P75 e P100 que apresentaram maiores resistências foram classificados com consistência plástica;
- Na medida em que se aumentaram os percentuais de substituição do resíduo ocorreu o aumento de resistência à compressão em todos os traços, como ocorreu o melhoramento da consistência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, L.C. **Concreto**: notas de aula da disciplina Estruturas IV – Concreto armado. 2002. 24f. Departamento de Estruturas, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2002.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.



3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7217**: Agregados para concreto - Especificações. Rio de Janeiro, 1987.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7211**: Agregados para Concreto - Especificações. Rio de Janeiro, 2009.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR NM 248**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5738**: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de provas. Rio de Janeiro, 2015.
7. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5739**: Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.
8. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR NM 67**: Determinação da Consistência pelo Abatimento do Tronco de Cone. Rio de Janeiro, 1998.
9. **CONCRETO E CONSTRUÇÃO: INBRACON**. Curitiba: **Concreto**: Material Construtivo Mais Consumido no Mundo, v. 53, 2009. Trimestral. Issn 1809-7197.
10. METHA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M.. **Concreto**: Microestrutura, Propriedades e Materiais. 3. ed. São Paulo: Ibracon, 2008.
11. PIMENTA, D. S. **Produção de concreto convencional com a utilização de pó de brita**. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2012.
12. PINTO, E. N. M. G. et al. **Influência da granulometria do agregado miúdo nas propriedades do concreto**. Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais – CBECiMat, Natal, n. 22, p. 1790 – 1798, Nov. 2016.
13. SCHUMACHER, H. R. S. P. **Caracterização do concreto convencional com pó de pedra em substituição parcial a areia natural**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2007.
14. YAZIGI, Walid. **A técnica de edificar**. – 10 ed. rev. e atual. São Paulo. PINI, 2009.