

VIABILIDADE TÉCNICA DA UTILIZAÇÃO DO PÓ DE PEDRA NO CONCRETO ESTRUTURAL

VINICIUS GONSALES DIAS²⁴

LARISSA BOTTINI²⁵

RESUMO: As questões ambientais têm se tornado cada vez mais popular no mundo, e na área da construção civil não tem sido diferente, Engenheiros tem buscado meios que evitem grandes impactos ambientais em suas obras e uma forma de amenizar estes impactos é diminuir a extração da areia natural, pois este processo quando realizado sem regulação ou supervisão, pode danificar rios, e destruir ecossistemas costeiros. Uma forma de diminuir o consumo de areia natural tem sido utilizado o pó de pedra para fazer a substituição. Nessa pesquisa analisou-se os efeitos da incorporação do pó de pedra no concreto. As comparações foram feitas através de análises dimensionais, de absorção de água, absorção de água por capilaridade afim de saber a absorção da areia natural e areia artificial, e o ensaio esclerométrico a fim de saber a dureza superficial do concreto. Os resultados mostram que a absorção de água do pó de pedra é bem maior do que a absorção da areia, podendo afetar a trabalhabilidade do concreto, e no ensaio esclerométrico observou-se que devido ao alto índice de vazios sua resistência superficial foi muito baixa baseado que um concreto para fim estrutural precisa alcançar ao menos 20 MPa aos 28 dias, por fim constatou-se que o pó de pedra pode ser considerado como um material alternativo ou complementar ao uso da areia natural e que embora o pó de pedra apresente condições para substituir a areia natural, é recomendado novas análises observando o fato de sua alta absorção e sua perda de trabalhabilidade.

PALAVRAS-CHAVE: Areia. Construção civil. Impactos.

TECHNICAL FEASIBILITY OF THE USE OF STONE POWDER IN STRUCTURAL CONCRETE

ABSTRACT: The agenda on environmental issues has become increasingly popular in the world, in the area of civil construction it has been no different, engineers are looking for ways to avoid major environmental impacts in their works and a way to mitigate these impacts is to reduce extraction. of natural sand, as its extraction, especially when carried out without regulation or supervision, can damage rivers, erode beaches and destroy coastal ecosystems. As a way to reduce the consumption of natural sand, stone dust has been used to replace it, and in this research we sought to analyze the effects of incorporating stone dust into concrete. Comparisons were made through dimensional analyses, water absorption, capillary water absorption, and sclerometric assay. The results show that the absorption of stone dust is much higher than the absorption of sand, which may affect the workability of the concrete, and in the sclerometric test it was observed that due to the high void index its resistance was very low based on a concrete for structural purposes it needs to reach at least 20 MPa at 28 days, finally it was found that the stone dust can be considered as an alternative or complementary material to the use of natural sand and that although the stone dust presents conditions to replace the sand natural, it is recommended further analysis noting the fact of its high absorption and its loss of workability.

KEYWORDS: Sand. Construction. Impacts.

²⁴ Professor Mestre em Ciências Ambientais, Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Fasipe-UNIFASIPE, Av. Magda de C. Pissinatti, 69, Res. Florença, Sinop - MT. CEP: 78550-000. Endereço eletrônico: viniciusgonsalesdias@gmail.com

²⁵ Acadêmico de Graduação, Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Fasipe-UNIFASIPE, Av. Magda de C. Pissinatti, 69, Res. Florença, Sinop - MT. CEP: 78550-000. Endereço eletrônico: larissabottini18@gmail.com

INTRODUÇÃO

A Construção Civil é de suma importância para o desenvolvimento do mundo, pois ela está presente desde os primórdios da humanidade, e ao passar do tempo vem se aprimorando e se desenvolvendo trazendo conforto e mobilidade para aqueles que usufruem, além de tudo proporciona empregos e ajuda na economia mundial, e é um dos principais setores industriais do Brasil (CBIC, 2020).

Com isto, as indústrias responsáveis pela fabricação dos materiais de construção vêm se modernizando e aprimorando seus produtos para torná-los mais sustentáveis e recicláveis, porque somente a área da construção civil é responsável por um alto consumo de matéria prima produzida no planeta (AGOPYAN, 2013).

Os agregados foram classificados durante muito tempo como inertes ao concreto, porém com pesquisas na área descobriu-se que algumas características do concreto estão ligadas aos agregados utilizados, além de terem baixo custo se comparado ao cimento (NEVILLE, 1997).

A indústria da construção civil busca materiais alternativos que possam substituir a areia, que tenham menor custo, fácil execução melhor durabilidade, que melhore as propriedades do concreto e que seja um material reciclável (BARBOSA; COURA; MENDES, 2008). Devido a diversas causas, entre elas as leis ambientais estarem mais rígidas, a alta procura, e necessidade de ter concretos mais resistentes faz com que se avalie a utilização da areia artificial como agregado miúdo (WEIDMANN, 2008).

Este trabalho tem o objetivo de estudar o comportamento do concreto quando substituído o agregado miúdo natural pelo agregado miúdo de britagem na confecção do concreto de cimento *Portland*, visando obter resultados para saber se o pó de pedra pode ser utilizado em concretos estruturais.

Partindo do que é observado, questiona-se: o concreto com as substituições da areia natural pelo pó de pedra terá maior resistência à compressão axial, se terá melhor absorção por capilaridade e se sairá melhor no ensaio de trabalhabilidade, quando comparado com o concreto convencional?

A indústria do concreto e da construção civil tem papel fundamental nas infraestruturas dos países, contudo, elas se tornam a maior fonte consumidora de recursos naturais, por isso deve se pensar na implementação de novas tecnologias que visem minimizar os problemas ambientais devido a extração de agregados como a areia (MEHTA, 1999).

Com isto, a substituição da areia natural pela areia artificial pode ser uma solução viável na redução dos impactos e problemas ambientais (ALMEIDA E SAMPAIO, 2002).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Concreto

Na história das civilizações é possível notar a evolução das obras de arquitetura e de engenharia, essa evolução ocorre devido às constantes descobertas dos povos devido a busca por novos materiais e de novas técnicas construtivas (HELENE & ANDRADE, 2010).

Alguns dos primeiros relatos sobre a utilização de materiais com características aglutinantes igual à do concreto remetem à aplicação de uma espécie de argamassa nas pirâmides dos faraós egípcios que datam 2700 anos a.C. (CARVALHO, 2008). Já no Brasil, não foi possível determinar a data exata de início da utilização do concreto na construção civil, porém contém registros de obras com a utilização de pré-moldados em concreto armado feitos fora do local da construção, antes mesmo da concretagem local (VASCONCELOS, 2002).

O concreto é um material de construção formado pela mistura de um aglomerante com um ou mais materiais inertes e água e quando ele estiver recém misturado, deve oferecer uma boa plasticidade para a facilitação de operações de manuseio como o lançamento nas formas, e adquirindo resistência com o tempo (PETRUCCI, 1998).

O concreto de cimento Portland atualmente é o material mais importante em relação a outros materiais estruturais, ele é considerado uma das descobertas mais interessantes da história do desenvolvimento da humanidade (HELENE, 2010). A norma que rege o uso do concreto dando seus parâmetros é a ABNT NBR 12655: 2014.

2.2 Pó de pedra

Historicamente a utilização do pó de pedra como substituinte da areia começou nos países mais desenvolvidos em torno dos anos setenta, mas só ocorreu depois da criação dos equipamentos que são necessários para fazer a britagem do material, após houve a ideia de se produzir o pó de pedra para venda comercial (ALMEIDA & SAMPAIO, 2002).

No Brasil a utilização do pó de pedra se iniciou na década de 90, na construção da hidrelétrica de Itaipu, onde foi através de estudos técnicos que chegaram à conclusão de que sua utilização seria mais econômica e teriam vantagens técnicas (ANDRIOLO, 2005).

O pó de pedra pode ser chamado de várias formas como, areia de britagem, areia artificial, finos de pedreira, finos de britagem, finos de pedra britada, entre outros (DUARTE, 2013).

Segundo Holsbach (2004), a utilização do pó de pedra no ramo da construção civil começou para tentar diminuir os danos causados pela extração da areia, pois a sua extração é feita nas costas lagos e leitos de rios ocorrendo danos ambientais, e o pó de pedra é o fruto da britagem de rochas.

Segundo Klein (2008), a busca por alternativas na substituição da areia na produção de concretos também se diz respeito ao alto custo de transporte.

A aplicação do pó de pedra gera efeitos diferentes aos da areia natural, principalmente no seu estado fresco, causando diminuição da plasticidade e aumento da demanda de água, pois é criado uma área de contato e diminui os espaços vazios, e as dimensões da areia de britagem são inferiores a 0,075mm (ALMEIDA, 2005).

O pó de pedra apresenta em sua composição uma grande quantidade de material pulverulento, com dimensões inferiores a 0,075mm, para conseguir que o concreto com o pó de pedra alcance uma boa trabalhabilidade ou se mantenha igual ao de um concreto convencional com a areia natural é necessário que se acrescente mais água (DUARTE, 2013).

2.3 Propriedades e classificação de agregados miúdos para o concreto

Qualquer material que seja mineral, natural ou artificial sendo quimicamente inerte pode ser utilizado como agregado para o concreto, e até mesmo os não inertes, mas para serem utilizados deve ser possível a realização de algum processo para neutralizar seus efeitos (GIAMMUSSO, 1985).

De acordo com Bauer (2008), os agregados podem ser classificados como:

- a) Naturais: já se encontram em forma particulada na natureza, o caso da areia e do cascalho;
- b) Industrializados: os que só vão obter sua composição particulada através de processos industriais e as matérias primas podem ser as rochas, escória de alto-forno e argila;
- c) Dimensões das partículas podendo ser miúdos que é a areia ou grãos como cascalhos e britas;
- d) Peso específico aparente: leves tem sua densidade aparente entre 0,30 e 1,0, médios tem entre 1,4 e 1,7 e os pesados que têm entre 2,9 e 3,3.

Segundo Almeida (2005), a textura e a forma dos grãos dos agregados influência nas características dos concretos e argamassas no seu estado fresco, ou seja, influência na trabalhabilidade e na consistência.

O pó de pedra foi caracterizado sendo um material fino, agregado miúdo tendo suas partículas menores que 0,075mm de diâmetro, e suas formas são irregulares de superfícies rugosas, e são procedentes da produção do agregado grão (ANDRIOLO, 2005).

A areia é caracterizada sendo um material fino também, agregado miúdo, sua granulometria é inferior a 2,0 mm e superior a 0,075 mm, e pode ser classificada como areia grossa tendo sua granulometria de 2 a 1,2 mm, a areia média com granulometria de 1,2 a 0,42 mm e pôr fim a areia fina de 0,42 a 0,075 mm.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Concreto do Departamento de Engenharia Civil do Centro Universitário UNIFASIPE, Campus Florença, em Sinop (MT). Para atingir os objetivos propostos, os ensaios e procedimentos foram executados de acordo com as diretrizes das seguintes normas regulamentadoras:

- a) Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova NBR 5738 (ABNT, 2015);
- b) Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone NBR 16889 (ABNT, 2020);
- c) Absorção de água por capilaridade NBR 9779 (ABNT, 2012);
- d) Determinação da absorção de água NBR 9778 (ABNT, 2005);
- e) Ensaio esclerométrico NBR 7584 (ABNT, 2012).

Para a confecção dos corpos de prova foi utilizado o cimento Portland CII F-32, como agregado miúdo foi utilizada a areia natural com diâmetro de 2mm e o pó de pedra com diâmetro de 0,075mm e o agregado graúdo a brita convencional. A moldagem das amostras foi dividida em 3, conforme a Tabela 1.

IDENTIFICAÇÃO	SUBSTITUIÇÃO DE AGREGADOS	Nº DE CORPOS DE PROVA (CP'S)
Traço 1	0%	10
Traço 2	50%	10
Traço 3	100%	10

Tabela 4- Moldagem de amostras
Fonte: Própria (2022)

Na Tabela 2, são apresentadas as quantidades de materiais utilizados em cada traço. O traço utilizado foi 1:1,34:2,16:2,81 e a relação água/cimento foi pensada para garantir a trabalhabilidade do concreto durante os ensaios, pois o concreto com substituição da areia pelo pó de pedra, tem um consumo maior de água devido a suas partículas serem finas, tendo uma área superficial mais elevada. E no último traço se fez necessário o acréscimo de mais 800ml de água para manter uma boa trabalhabilidade que é entre 100mm e 160mm, devido a substituição da areia pelo pó de pedra ser de 100% e ter um consumo maior de água.

MATERIAIS	TRAÇO 1	TRAÇO 2	TRAÇO 3
Cimento (kg)	10,8	10,8	10,8
Areia (kg)	13,5	6,75	0
Brita (kg)	21,78	21,78	21,78
Pó de pedra (kg)	0	6,75	13,5
Água (kg)	3,8	3,8	4,6

Tabela 5 - Quantidade de materiais utilizados
Fonte: Própria (2022)

Após a confecção do traço foi realizado o ensaio no seu estado fresco conhecido como Slump test, ou teste de abatimento de tronco de cone, ocorreu de acordo com a ABNT NBR 16889 (ABNT NM, 2020). Esse teste tem como objetivo medir a consistência e a fluidez do material permitindo o controle tecnológico do concreto, o ensaio consiste no preenchimento de um tronco em formato de cone, o preenchimento é dividido em 3 camadas, e em cada camada preenchida é necessário a aplicação de 25 golpes com uma haste, o valor utilizado para análise é a medida do adensamento do concreto logo após a retirada do molde cônico.

Após o teste no estado fresco do concreto, foi realizado o processo de moldagem dos corpos de provas e eles ficaram submersos para que houvesse a cura durante os 28 dias, ambos processos executados conforme a NBR 5738 (2016): Concreto - Procedimento para a moldagem e a cura dos corpos.

Os testes do concreto no seu estado endurecido que foram realizados são os testes de absorção, capilaridade e o ensaio de esclerometria. O teste de resistência a compressão axial seria realizado também no laboratório da UNIFASIPE, mas por conta da falta da prensa hidráulica foi necessário o ensaio esclerométrico, mas o ensaio de resistência a compressão axial é realizado de acordo com a ABNT NBR 5739:201, é utilizada a prensa hidráulica, onde se aplica uma carga axial e seus resultados avaliam a reação do corpo de prova comprimido.

O ensaio de absorção por capilaridade foi realizado fazendo as pesagens dos corpos de prova para saber seus pesos específicos, após realizada a pesagem os corpos de prova eles foram inseridos em uma superfície com uma determinada quantidade de água que cobriu parcialmente os corpos de prova e depois de um determinado tempo os corpos de prova foram pesados novamente para saber seus pesos finais, e foi medido até onde a água subiu.

O ensaio de absorção de água por imersão foi realizado imergindo os corpos de prova a serem analisados em uma superfície que o cobriu totalmente, e o processo que ocorre é que a água é conduzida e tende a ocupar os poros permeáveis do corpo de prova, e estabelece a relação com a sua massa em estado seco, mas antes da sua realização foi necessário fazer a pesagem do corpo de prova para saber sua massa específica antes da imersão, e foi pesado após 1 hora submerso para saber quanto o de água foi absorvido (NBR 9778, 2019).

Com a ausência da prensa hidráulica para a realização do ensaio de compressão axial, foi realizado o teste de esclerometria, que é um ensaio capaz de estimar apenas a dureza superficial de uma peça estrutural e também a qualidade do concreto endurecido, o teste foi realizado após os 28 dias do processo de cura, antes do início o esclerômetro foi calibrado como indica a norma ABNT NBR 7584, com isso foi dado início ao ensaio marcando a área do objeto de estudo com uma malha quadrangular, dividida em nove quadrados iguais, para a efetuação de nove impactos, o ensaio deve ser realizado em uma superfície plana, então ele foi realizado na lateral dos corpos de prova, após os golpes é calculada a média aritmética dos valores de índice esclerométricos individuais dos nove impactos, e para encontrar as estimativas de resistência a compressão através desse ensaio é necessário a utilização de um ábaco, fornecido pelo fabricante que está presente no esclerômetro que realiza uma correlação do índice esclerométrico final, o ângulo de ensaio e a estimativa de resistência a compressão.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Abatimento do tronco de cone

O ensaio foi realizado seguindo as recomendações da norma NBR 67 (ABNT, 1998), este ensaio é realizado a fim de saber a trabalhabilidade do concreto por meio do ensaio de abatimento do tronco de cone. Os resultados deste ensaio para um concreto estrutural têm que ser entre 100mm e 160mm baseado na norma NBR 8953. A trabalhabilidade do concreto fresco do traço de referência foi de 140mm. Para os traços com 50% e 100%, de substituição da areia pelo pó de pedra foi respectivamente de 60mm e 90mm. No concreto com 100% de substituição foi necessário o acréscimo de 800ml de água para que se obtivesse a homogeneização do concreto, e para garantir que sua trabalhabilidade ficasse entre 100mm e 160mm, mas o que não foi o caso então necessitaria de um acréscimo maior de água.

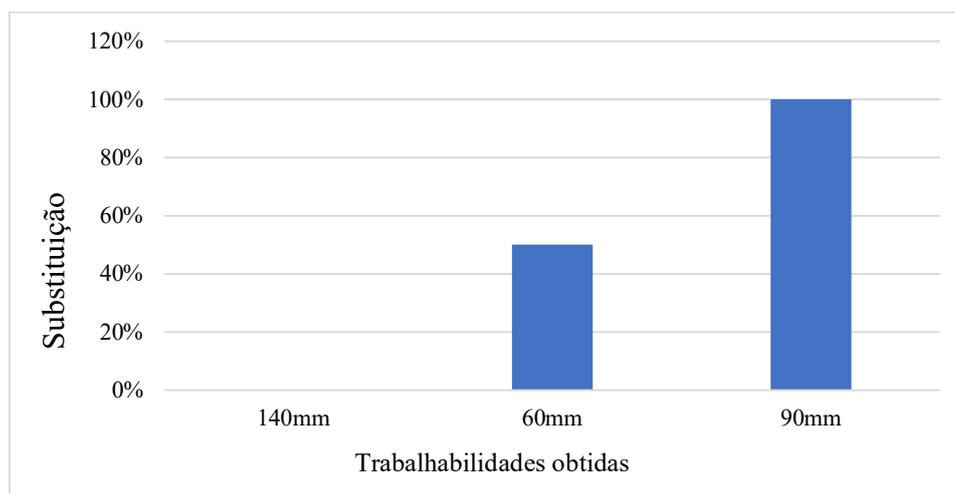


Gráfico 1- Resultados do ensaio de abatimento de tronco de cone
Fonte: Própria (2022)

A perda de abatimento no traço com 50% pode estar associada com a substituição, dado que o concreto com adicional de pó de pedra necessita de um maior teor de água para se obter a homogeneização, devido a sua alta absorção, em razão disso no traço com 100% de substituição foi necessário o acréscimo de mais água para obtê-la, pois o pó de pedra absorve mais água.

4.2 Absorção de água

Os corpos de prova foram moldados e curados de acordo com a norma ABNT NBR 5738 (2016), passaram pelo ensaio de absorção após os 28 dias de cura, e o ensaio de absorção foi realizado de acordo com a norma ABNT NBR 9778 (2009), o resultado é a média das duas determinações realizadas. O cálculo de absorção foi realizado pela fórmula descrita abaixo que consta na norma.

$$A = \frac{m_{SAT} - m_s}{m_s} \times 100$$

Onde: A é a absorção, m_{sat} é a massa da amostra saturada em água e M_s é a massa da amostra seca.

Os resultados obtidos neste ensaio de absorção de água por imersão são apresentados na Tabela 3, assim como seus pesos antes e após o processo de imersão.

SUBSTITUIÇÃO DE AGREGADOS	PESO ANTES (KG)	PESO DEPOIS (KG)	TEOR DE ABSORÇÃO (%)
0%	3,745	3,760	0,40
0%	3,645	3,660	0,41
50%	3,640	3,655	0,41
50%	3,595	3,610	0,42
100%	3,365	3,390	0,74
100%	3,410	3,430	0,58

Tabela 6 - Resultados dos ensaios de absorção de água por imersão
Fonte: Própria (2022)

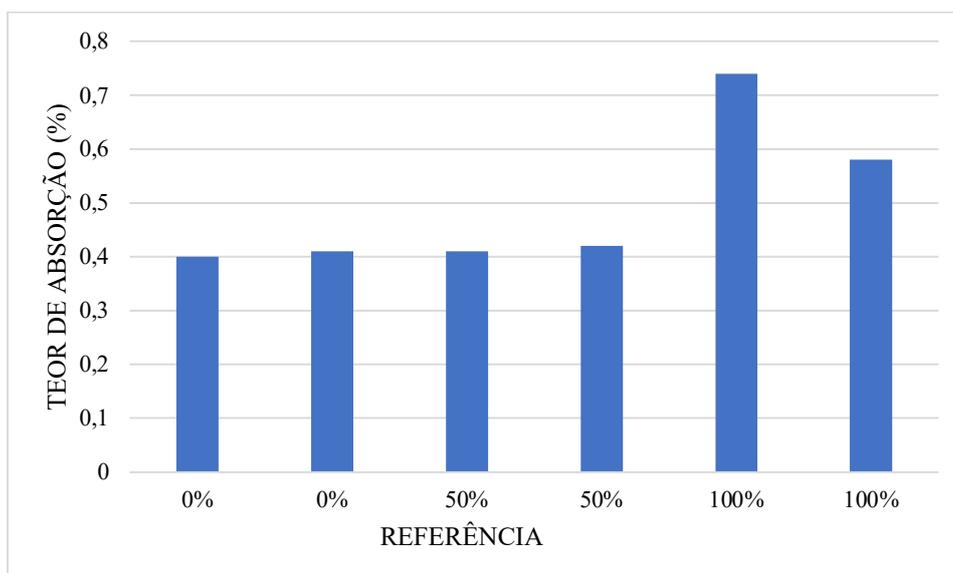


Gráfico 2 – Teores de absorção
Fonte: Própria (2022)

Nota-se que a absorção do concreto aumentou conforme a adição do pó de pedra, os corpos de prova sem substituição absorveram respectivamente 0,40% e 0,41%, os corpos de prova com 50% de substituição tiveram um teor de absorção de 0,41% e 0,42%, já os com 100% de substituição houve um aumento significativo de absorção, seus teores de absorção foram 0,74% e 0,58%.

Duarte (2013) constatou que a adição do pó de pedra faz com que aumente a absorção do concreto, por conta da sua granulometria ser fina e angular, assim causando no concreto um percentual de demanda maior de água do que no concreto convencional, para que ocorra as reações cimentícias. E a areia tem uma absorção inferior ao do pó de pedra, enquanto a areia absorve 0,29% o pó de pedra absorve 2,71%.

4.3 Absorção por capilaridade

No ensaio de absorção por capilaridade foram analisadas a massa de duas amostras de cada traço, essa análise ocorreu após a exposição do corpo de prova na água, onde foram colocados em duas bandejas no tempo de 1 hora, para ser observada a absorção deles.

Na Tabela 4, encontram-se os resultados dos valores máximos do ensaio de absorção de água por capilaridade das amostras analisadas, também apresenta os resultados da altura máxima (h) que a água atingiu no interior do corpo de prova.

SUBSTITUIÇÃO DE AGREGADOS	PESO ANTES DE 1h (kg)	PESO DEPOIS DE 1h (kg)	h(cm)
CP 1- 0%	3,715	3,720	3,5
CP 2- 0%	3,670	3,675	3,5
CP 1- 50%	3,525	3,530	4
CP 2- 50%	3,605	3,615	4,5
CP 1- 100%	3,430	3,440	4,5
CP 2- 100%	3,425	3,435	5

Tabela 7 – Resultados do ensaio de absorção de água por capilaridade
Fonte: Própria (2022)

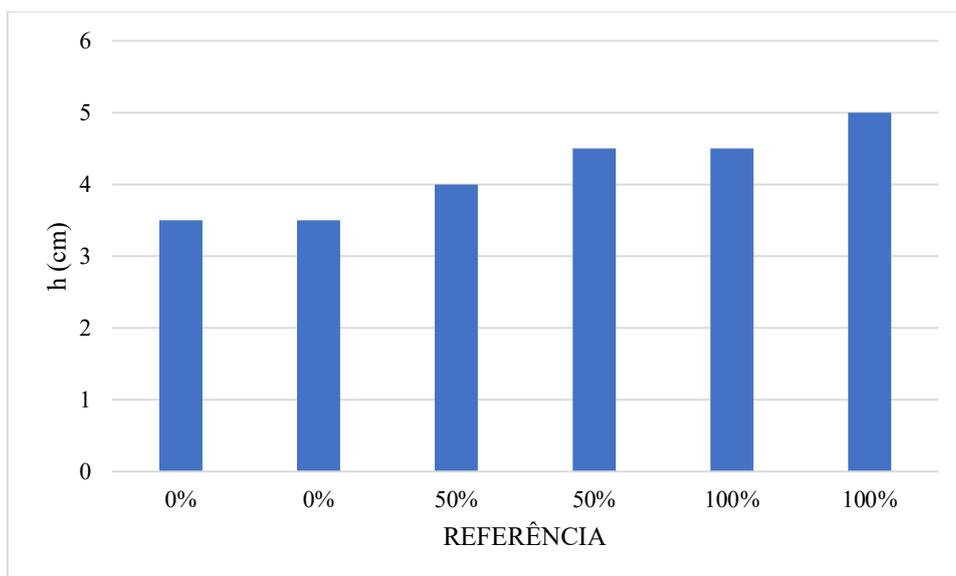


Gráfico 3 - Resultados dos ensaios de absorção de água por capilaridade
Fonte: Própria (2022)

Observa-se que, os corpos de prova com substituição de 50% e 100% tiveram mais absorção de água, e a altura máxima que esses corpos de prova atingiram foi maior do que os corpos de prova sem nenhuma substituição, por conta que segundo MENOSSI (2004) a areia natural apresenta uma absorção de 0,29%, enquanto o pó de pedra apresenta uma absorção de 2,71%, o que explica a maior absorção no corpo de prova que tem maior substituição.

4.4 Ensaio de esclerometria

O ensaio foi realizado após os 28 dias de cura, com intuito de obter a resistência a compressão, conforme a NBR 7584 (2012). Foi feita a demarcação necessária nas laterais dos corpos de prova, pois a superfície era mais lisa, e subsequentemente a aplicação dos 9 impactos, os quais forneceram os valores apresentados no Quadro 1 já com a suas médias calculadas e na sequência as médias corrigidas com o valor de k. O valor de k é o valor de correção obtido através de cálculo quando o esclerômetro não estiver calibrado, como o equipamento utilizado foi calibrado antes de começarem a serem feitos os ensaios adotou-se o valor de 1,005 para calcular as médias corrigidas.

Pontos	0%		50%		100%	
	Cp1	Cp2	Cp1	Cp2	Cp1	Cp2
1	18,75	22,5	20	18	18	14
2	19	19	17	17	22	15
3	25	20	18	16	16	15
4	20	20	22,5	14	17	21
5	25	19	20	16	18	19
6	22,5	22,5	17,5	18	17	17
7	24	17,5	17,5	16	18	15
8	25	17,5	18	18	20	15
9	24	17,5	16	17	21	21
Média	22,6	19,5	18,5	16,7	18,6	16,9
Média corrigida	22,7	19,6	18,6	16,8	18,6	17

Quadro 1 – Resultados dos índices esclerométricos, com valores em MPa.
Fonte: Própria (2022)

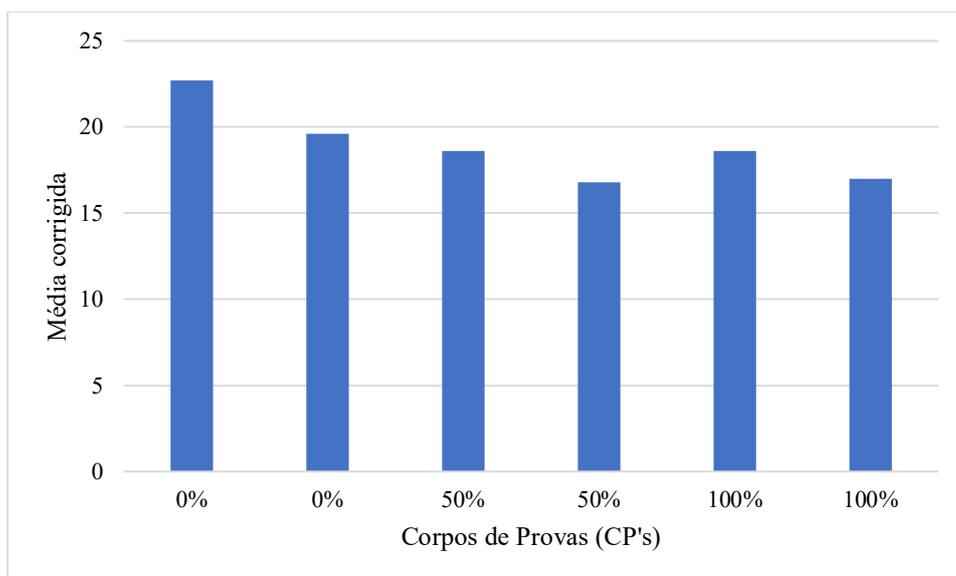


Gráfico 4 – Resultados dos índices esclerométricos
Fonte: Própria (2022)

Os valores obtidos foram classificados de acordo com o valor proposto para o fck do traço, de 20 MPa, das médias obtidas, destaca-se o maior valor de 22,7 MPa foi do concreto sem substituição, e o menor valor de 16,8 MPa, se deduz que a discrepância entre os valores analisados com o esclerômetro se deve a presença de bolhas de ar, uma vez que, durante o preparo do concreto foi observado uma considerável redução da trabalhabilidade da massa e com isso, proporcionando a formação de vazios durante a etapa de finalização dos moldes.

Como os impactos realizados foram em -90° , se observa o valor da média corrigida na fileira do -90° no ábaco presente no esclerômetro para identificar os valores de resistência em MPa. Os valores em MPa encontrados no ábaco foi de 17,4 no maior índice que foi 22,7, e 14,9 MPa nos demais índices porque todos os outros foram abaixo de 20, se utiliza 20 como o índice mínimo.

Os resultados obtidos foram muito baixos para o uso no concreto estrutural devido ao índice de vazios presente nos corpos de prova e pela presença de bolhas de ar, o que na norma diz que se aplicado o impacto em cima de uma bolha de ar o valor do impacto não dá o valor que realmente represente a real resistência.

E como o ábaco só apresenta valores que representem a resistência em MPa a partir do índice 20, as médias abaixo ficaram com 10,3 MPa que é o valor mínimo.

Mas mesmo suas resistências sendo relativamente baixas, o concreto ainda pode ser utilizado para outros fins em meios agressivos fracos como em meios rurais e, podendo ser utilizado também para concretagem simples sem fins estruturais.

5.CONCLUSÃO

Com os resultados do ensaio de abatimento de tronco de cone, observou-se que o concreto com 100% de substituição da areia pelo pó de pedra foi necessário acrescentar mais 800ml de água do que os outros traços para se obter homogeneização, totalizando 4,4 litros de água, e mesmo com o acréscimo de água a trabalhabilidade não foi muito alterada, só aumentou de 6cm do traço com 50% para 9cm com o traço de 100%, concluindo-se que o concreto que tem pó de pedra na sua composição necessita de mais água pelo material ser mais fino e ângulo do que a areia.

No ensaio de absorção por imersão os teores de absorção variaram de 0,40% à 0,74%, e observou-se que os maiores teores de absorção que foram de 0,58% e 0,74% foram do traço de 100% de substituição, e no ensaio de absorção de capilaridade foi observado que os corpos de prova com 100% de substituição também tiveram os valores de absorção mais altos atingindo 4,5cm e 5cm de altura no corpo de prova, concluindo-se que nos dois ensaios os resultados que se obtiveram maiores

resultados foi o concreto com 100% de substituição, isso porque o pó de pedra absorve 2,71% de água enquanto a areia absorve apenas 0,29%, e pelo material ser mais fino e ângulo que a areia.

No ensaio de esclerometria, os valores obtidos em MPa variaram entre 14,9 e 17,4, no ábaco presente no esclerômetro só a o índice a partir de 20, mas as médias calculadas pela fórmula presente na norma deram alguns valores abaixo de 20 e um só acima, então foi utilizado o valor mínimo de MPa sendo de 14,9, o porquê desses valores terem sido menores do que o esperado foi por conta do alto índice de vazios, e devido também a natureza dos materiais, porque o ensaio esclerométrico mede dureza superficial do corpo de prova.

Constatou-se que o pó de pedra pode ser considerado como um material alternativo ou complementar ao uso da areia natural. Embora o pó de pedra apresente condições para substituir a areia natural, teria que ser analisado o fato da sua absorção ser alta, e fazer processos para que consiga evitar sua perda de trabalhabilidade.

REFERÊNCIAS

AGOPYAN, V. Construção Civil consome até 75% da matéria-prima do planeta. **Globo Ciência**, 2013.

ALMEIDA, I.R. **Concreto de alto desempenho**. In: Concreto: ensino, pesquisa e realizações V2 / ed. G. C. ISAIA. São Paulo: IBRACON, 2005.

ALMEIDA, S. L. M. et al. **Produção de areia manufaturada em usina piloto**. Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral – Ministério da Ciência e Tecnologia, 2005.

ALMEIDA, S. L. M.; SILVA, V. S. **Areia artificial: Uma alternativa econômica e ambiental para o mercado nacional de agregados**. In: II SUFFIB - SENINÁRIO: o Uso da Fração Fina da Britagem. 2005. São Paulo. Artigos em CDROM. São Paulo, (2005).

ALMEIDA, S.L.M. e SAMPAIO, J.A.; **Obtenção de Areia Artificial com Base em Finos de Pedreiras**. Areia e Pedra, n.20, p.32-36, dezembro de 2002.

ANDRIOLO, F. R. **Usos e abusos do pó de pedra em diversos tipos de concreto**. In: Seminário: O uso da fração fina da britagem. II SUFFIB, São Paulo, 2005. Anais, São Paulo, EPUSP, 2005.
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6118 - Projeto de Estruturas de Concreto**. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 16889 – Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004 – Resíduos Sólidos**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655: Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação** - Procedimento. Rio de Janeiro: Abnt, 2015. 23 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15116 - Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural** – Requisitos. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8953 – Concreto para fins estruturais — Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência**. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9779 – Concreto – Argamassa e concreto endurecidos — Determinação da absorção de água por capilaridade.** Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738: concreto: procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova: especificação.** Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739: concreto: ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos: especificação.** Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO – **ABRECON.** São Paulo, SP. Disponível em: <

<http://www.abrecon.org.br/Conteudo/8/Aplicacao.aspx> >. Acesso em 18 out. 2021.

AVILA JACINTHO, A.E.P.G., GIONGO, J.S., Resistência Mecânica do Concreto. In: ISAIA, G. C. (Editor), Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações. São Paulo: IBRACON, 2005. cap.20, vol.1, p.605-632.

BARBOSA, M. T. G.; COURA, C. V. G.; MENDES, L. de O. **Estudo sobre a areia artificial em substituição à natural para confecção de concreto.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 8, n. 4, p. 51-60, out./dez. 2008.

CARVALHO, João Dirceu Nogueira de. **Sobre as origens e desenvolvimento do concreto.**

Revista Tecnológica, Maringá, v. 17, n. 1, p.19-26, 2008

CBIC, **Construção Civil e a locomotiva do crescimento como emprego e renda, 2020.**

Fonte:<<https://cbic.org.br/construcao-civil-e-a-locomotiva-do-crescimento-com-emprego-e-renda/>>. Acesso em: 9 out. 2021.

DUARTE, João Batista. **Estudo da substituição de agregados miúdos naturais por pó de pedra em concreto de Cimento Portland.** 2013. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

GIAMMUSSO, Salvador E. **Agregados para concreto.** A Construção São Paulo, n.1968, p. 23 – 26, out. 1985.

GOLDEMBERG, José; AGOPYAN, Vahan; JOHN, Vanderley M. **O desafio da sustentabilidade na construção civil.** Editora Blucher, 2011.

HELENE, Paulo; ANDRADE, Tibério. **Concreto de Cimento Portland.** In: ISAIA, Geraldo Cechella. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais.** São Paulo: Ibracon, 2010. Cap. 29. p. 906-944. Disponível em: Acesso em: 20 maio 2022.

HOLSBACH, T. S. **Avaliação da substituição da areia natural por areia artificial em argamassa de cimento cal e areia para assentamento.** Trabalho de conclusão de curso (Curso de Engenharia Civil, do Departamento de Tecnologia da UNIJUI) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2004

JOHN, V. M. **A construção, o meio ambiente e a reciclagem.** PCC USP, São Paulo. 2008.

Disponível em: <http://www.reciclagem.pcc.usp.br/a_construcao_e.htm Acesso em: 15 de maio de 2022.

KLEIN, N. S. **Influência da substituição da areia natural pela areia de britagem no comportamento do concreto auto-adensável.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento) – Universidade Estadual de Londrina, 2008

LIMA, Sandovânio Ferreira et al. **Concreto e suas inovações.** Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-ALAGOAS, v. 1, n. 1, p. 31-40, 2014.

LUZ, A.; ALMEIDA, S. **Manual de Agregados para a Construção Civil** –2ª edição, 2012.

MEHTA, P. K; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. 2.ed. São Paulo: Ibracon, 2014.

MEHTA, P.K. **Concrete technology for sustainable development**. Concrete International, November, 1999.

MENOSSE, R. T. **Utilização do pó de pedra basáltica em substituição à areia natural do concreto**. 2004. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, 2008.

NEVILLE, A.M. **Propriedades do concreto**. 2ª Ed. rev. atual. São Paulo: Pini, 1997.

PETRUCCI, E. G. R., **Concreto de cimento *Portland***. São Paulo, 1998.

VASCONCELOS, Augusto Carlos de. **O concreto no Brasil: Pré-fabricação - Monumentos - Fundação**. 3. ed. São Paulo - Sp: Nobel, 2002. 355 p.

WEIDMANN, Denis Fernandes et al. **Contribuição ao estudo da influência da forma e da composição granulométrica de agregados miúdos de britagem nas propriedades do concreto de cimento *Portland***. 2008.