ENARC
FOZ DO IGUAÇU-2023

AFERIÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE EM CONCRETO CONTENDO AGREGADO MIÚDO DE BRITAGEM DE ROCHA BASÁLTICA COMO SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO MIÚDO QUARTZOSO

Measurement of water absorption by capillarity in concrete containing small aggregate from basaltic rock crushing as replacement of quartzous small aggregate

Wesley Ramon Walker
Universidade Feevale | Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul | wesleyramonwalker@gmail.com

Alice Helena Meinhart
Universidade Feevale | Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul | alicehmei@gmail.com

Daiana Cristina Metz Arnold
Universidade Feevale | Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul | daim@feevale.br

Resumo

O presente artigo descreve resultados referentes a aferição da absorção de água por capilaridade em concretos produzidos com substituição parcial do agregado miúdo quartzoso por agregado miúdo de britagem de rocha basáltica (25% e 50%). Ademais, atuando como adição mineral, foi adicionado fíler basáltico (2,5% e 5,0%). Para isso, foram moldados corpos de prova e avaliados pela NBR 9779 (ABNT, 2012) aos 28 dias. Através dos resultados obtidos, percebe-se que conforme acrescida a substituição do AMN pelo AMB, a absorção capilar também se eleva. Quanto a incorporação do fíler basáltico, foi identificado que quanto maior o teor de fíler incorporado na mistura menor a absorção de água por capilaridade. Esse fato está relacionado ao fechamento dos vazios devido a finura do material.

Palavras-chave: Absorção de água; Agregado miúdo de britagem; Rocha basáltica; Substituição do agregado miúdo quartzoso.

ABSTRACT

This article describes results referring to the measurement of water absorption by capillarity in concrete produced with partial replacement of quartz fine aggregate by fine aggregate from basaltic rock crushing (25% and 50%). Furthermore, acting as a mineral addition, basaltic filler (2.5% and 5.0%) was added. For this, specimens were molded and evaluated by NBR 9779 (ABNT, 2012) at 28 days. Through the results obtained, it can be seen that as the replacement of AMN by AMB increases, capillary absorption also increases. As for the incorporation of basaltic filler, it was identified that the higher the filler content incorporated into the mixture, the lower the absorption of water by capillarity. This fact is related to the closure of voids due to the thinness of the material.

Keywords: Absorption of water; Crushing fine aggregate; Basaltic rock; Replacement of the quartzous fine aggregate.

1 INTRODUÇÃO

O processamento mineral do basalto gera elevada quantidade de resíduos de pó de rocha, na ordem de 1/5 do volume britado, sendo partículas emitidas na forma de poeira através da trituração do material ou da separação dos sólidos durante o peneiramento (NUNES; KAUTZMANN; OLIVEIRA, 2014). Esse material considerado residual acaba depositado nos pátios das pedreiras, acumulando grande volume, sendo essa problemática relatada por empresa parceira, na busca de uma solução a partir da interação Universidade-Empresa. Sendo assim, buscando utilizar o resíduo substituição do agregado natural por resíduos, incorporando-os na produção do concreto, traz uma solução para o problema de acúmulo, relatado por empresa parceira, visando minimizar os efeitos danosos causados ao meio ambiente devido a extração do AG (agregado graúdo) (CEPURITIS, 2017). Portanto, este trabalho objetiva avaliar o concreto produzido a partir da substituição parcial do agregado miúdo natural pelo agregado miúdo de britagem (AMB), com incorporação de teores de fíler basáltico, quanto a absorção de água por capilaridade.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a composição dos traços de concreto foi utilizado agregado miúdo natural (AMN), agregado miúdo de britagem (AMB), agregado graúdo (AG), água potável, aditivo superplastificante à base de policarboxilato para manter fixa a relação a/c (água/cimento) e cimento Portland composto CP II – F40.

O AMN utilizado neste trabalho trata-se de uma mistura de dois tipos de agregados miúdos, o agregado miúdo denominado “regular”, que apresenta uma distribuição granulométrica com partículas mais grossas, e o agregado miúdo denominado “médio”, que apresenta uma distribuição granulométrica mais fina, ambos sendo agregados quartzosos, um proveniente da extração em leito do rio e outro de cava, respectivamente, localizadas em jazidas na região de Porto Alegre (RS).

Quanto ao AMB, trata-se de um agregado miúdo de britagem de origem basáltica, extraído em pedreira situada na região metropolitana de Porto Alegre. A adição mineral incorporada ao concreto, o fíler basáltico, foi obtido através do peneiramento do agregado miúdo de britagem. Portanto, para se obter adição mineral, o AMB passou pelo processo de peneiramento e o material passante pela peneira com abertura de malha de 0,075 mm (milímetros) foi considerado como fíler. O AG utilizado trata-se de uma composição de dois tipos, sendo eles do tipo 0 (com diâmetro máximo de grãos de 9,5 mm) e tipo 1 (com dimensão máxima de grãos de 19 mm), ambos derivados de rocha basáltica, processados em britador VSI, extraídos na mesma jazida de AMB. Uma breve caracterização física dos agregados pode ser conferida na Tabela 1.

Tabela 1: Caracterização física AMN, AMB e AG

Propriedade analisada	AMN Regular	AMN Média	AMB	AG tipo 0	AG tipo 1
Módulo de Finura	2,12	1,36	2,76	6,00	7,05
Massa Específica (g/cm³)	2,59	2,62	2,91	2,43	2,62
Massa Unitária (g/cm³)	1,50	1,49	1,80	1,58	1,56
Dimensão Máxima Característica (mm)	4,75	4,75	4,75	9,50	19,00

Fonte: autores (2023)

Buscando seguir fielmente o processo de produção dos concretos utilizado pela empresa parceira, foi analisado a composição do AG de 80% de AG tipo 0 e 20% de AG tipo 1. A composição utilizada para AMN foi a seguinte: 82% de AMN regular e 18% de AMN média. A análise da composição granulométrica dos agregados utilizados nos traços, a fim de analisar a comparação do comportamento das curvas de distribuição granulométrica de cada composição, foi já citada por Walker *et al.* (2021).

Em seguida, foram dosados diferentes traços de concreto para análises, deste modo, produziu-se um traço de referência (REF), para efeito comparativo com os demais traços do estudo. Este traço de referência foi fornecido por empresa parceira, como traço usual para concreto pela empresa comercializado. Por se tratar de traço comercial, este não será aberto e discutido neste artigo. Os teores de substituição do AMB foram de 25% e 50%, com base no ensaio de empacotamento de grãos, e a incorporação do fíler nas proporções de 2,5% e 5,0% sobre o teor de agregado miúdo presente nos traços. Para um melhor entendimento sobre as informações de cada traço e sobre os teores de substituição, as amostras foram nomeadas como REF; REF + 2,5%; REF + 5,0% para os traços sem substituição do AMN, 75/25; 75/25 + 2,5%; 75/25 + 5,0% para os traços com 25% de substituição e para as dosagens com 50% de substituição nomeadas de 50/50; 50/50

+ 2,5%; 50/50 + 5,0%. A partir do traço referência foram dosados concretos com diferentes porcentagens de substituição do AMN por AMB e com diferentes teores de incorporação de fíler (Tabela 2).

Tabela 2: Dosagem dos traços produzidos

Traço	Relação a/c	Cimento (g)	Areia (g)	Areia de Britagem (g)	Brita (g)	Água (g)	Fíler (g)	Aditivo (%)
REF	0,7	8600	29750	-	32680	6010	-	1,02
REF + 2,5%	0,7	8600	29750	-	32680	6010	743,84	0,66
REF + 5,0%	0,7	8600	29750	-	32680	6010	1487,68	0,72
75/25	0,7	8600	22320	7440	32680	6010	-	0,36
75/25 + 2,5%	0,7	8600	22320	7440	32680	6010	743,84	0,45
75/25 + 5,0%	0,7	8600	22320	7440	32680	6010	1487,68	0,50
50/50	0,7	8600	14880	14880	32680	6010	-	0,95
50/50 + 2,5%	0,7	8600	14880	14880	32680	6010	743,84	0,44
50/50 + 5,0%	0,7	8600	14880	14880	32680	6010	1487,68	0,40

Fonte: autores (2023)

A relação a/c manteve-se fixa em 0,7 para todos os traços - esta foi definida juntamente com a empresa parceira, já que a/c = 0,7 não está presente em nenhuma das classes preconizadas pela NBR 6118 (ABNT, 2014). Buscou-se atingir um índice de consistência de 200 (±) 20 mm, dessa maneira, foram incorporados teores de aditivos superplastificante no momento do amassamento, a fim de realizar a manutenção da consistência definida junto a empresa parceira. Quanto ao teor de aditivo adicionado, objetivando o índice de consistência de 200 (±) 20 mm, percebe-se que a maior quantidade de aditivo necessário à mistura ocorreu no traço REF. Tal resultado mostra-se contrário aos estudos de Menossi (2004), Buest (2006), Drago, Verney e Pereira (2009) e Matos, Allem e Piva (2017). Salienta-se que os referidos autores empregaram aglomerantes que se diferem do utilizado pela presente pesquisa, sendo de pureza superior. Para este programa experimental foi empregado um cimento composto, contendo fíler com altos teores de finos, acarretando numa melhor trabalhabilidade do concreto sem aumentar a demanda de água. O tópico seguinte traz maiores informações sobre a incorporação de aditivo.

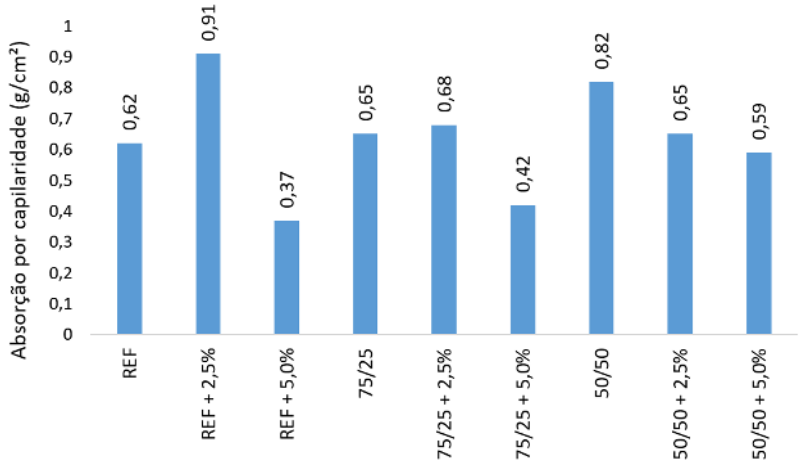
Realizado aos 28 dias, o ensaio para aferição da absorção de água por capilaridade seguiu os parâmetros da NBR 9779 (ABNT, 2012). Primeiramente, foram determinadas massa (em quilograma) das amostras e em seguida armazenadas em estufa com temperatura de 105ºC, onde permaneceram por cerca de 24 horas. Posteriormente, os corpos de prova foram retirados e resfriados a uma temperatura de 23ºC tendo sua massa determinada. Logo após, as amostras foram destinadas a um recipiente dispostos sobre um suporte tipo grelha, descrito na norma supracitada. Esse recipiente foi preenchido com água até uma altura de 5 mm acima da face inferior da peça. Foi determinada massa das amostras em 3 h (horas), 6 h, 24 h, 48 h e 72 h, a partir do momento em que as mesmas entraram em contato com a água. Ao final das 72 horas, os corpos de prova foram rompidos no ensaio de compressão por tração diametral, aos 28 dias, a fim de analisar a distribuição capilar da água em seu interior.

3 RESULTADOS

Ainda sobre a incorporação de aditivo, nota-se que os traços referências contendo fíler (REF + 2,5% e REF + 5,0%) apresentam maior quantidade de aditivo quando comparado aos contendo substituição do AMB, chegando a reduzir 31,81% do traço REF + 2,5% para o 75/25 + 2,5% e apenas 2,22% do traço 75/25 + 2,5% para o 50/50 + 2,5%. Menossi *et al.* (2010) perceberam que na substituição de 50% do AMN por AMB, utilizando uma relação a/c de 0,69, o traço obteve melhor comportamento sobre a trabalhabilidade e resistência à compressão quando comparado com os traços com outros percentuais de substituição. No trabalho sobre substituição de agregados em concretos de alta resistência, Araújo *et al.* (2018) obtiveram redução de 38,26% no índice de consistência ao realizar a substituição de 30% do AMB de rocha basáltica pelo AMN em comparação com o traço referência. Os autores evidenciam que essa perda de trabalhabilidade pode ter relação com a absorção de água dos agregados, onde o AMN tem absorção de 0,29% já o AMB possui 2,71% de absorção. Dessa forma, a redução da quantidade de aditivo na mistura referência com fíler (REF + 2,5% e REF + 5,0%), pode ser explicada pelo fato de que a adição mineral possui granulometria muito fina, propiciando melhor empacotamento dos grãos, ou seja, a redução na quantidade de aditivo necessário pode ser explicada pela influência do fíler no concreto, aumentando fluidez e trabalhabilidade da mistura.

Na Figura 1, estão apresentados os resultados médios obtidos ao final das 72 horas de ensaio, para todos os traços analisados no presente trabalho.

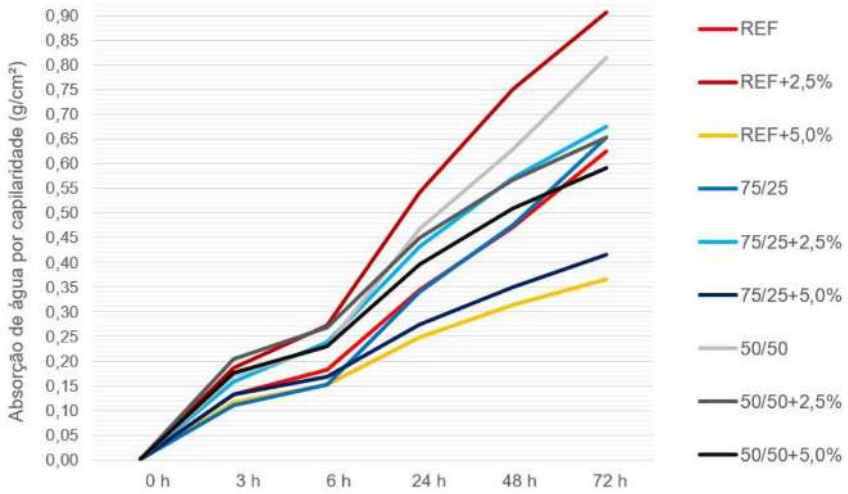
Figura 1: Média da absorção de água por capilaridade ao final de 72 horas de ensaio



Fonte: autores (2023)

Para um melhor entendimento, assim como preconiza a NBR 9779 (ABNT, 2012), a Figura 2 mostra a absorção de água capilar ao longo do tempo de 72 horas de ensaio.

Figura 2: Absorção de água por capilaridade ao longo de 72 horas



Fonte: autores (2023)

Tendo como base os resultados apesentados, percebe-se que os traços contendo adição de 5,0% de fíler tem uma diminuição nos valores de absorção por capilaridade para todos os traços em estudo, chegando a uma redução de 38,88% quando comparado ao traço referência de sua porcentagem de substituição.

Nota-se também, que os traços contendo somente a substituição do AMN pelo AMB apresentam um aumento nos valores de absorção por capilaridade quando comparados ao traço REF, ademais a mistura contendo 50% de substituição tem valores superiores ao traço com 25%, nesse aspecto, deduzindo-se que, ao se aumentar a porcentagem de substituição, aumenta-se também a absorção por capilaridade do concreto. Porém Bastos (2002) relatou que ao se aumentar o teor de substituição, diminui-se a ascensão capilar, entretanto, o autor utilizou uma relação a/c de 0,42 a 0,55, e no presente trabalho a relação a/c utilizada foi de 0,7, levando a deduzir que a relação a/c tem grande influência na absorção, já que quanto menor for a relação, menor também será a absorção por capilaridade do concreto (POLESELLO, 2012).

Há a possibilidade de que AMB possua grãos lamelares, não favorecendo o empacotamento das partículas, apesar da curva de distribuição granulométrica do traço com 50% estar mais dentro das zonas ótimas estabelecidas pela NBR 7211 (ABNT, 2019) do que a mistura com 25% de substituição, indo ao contrário do que era esperado.

Logo após o rompimento dos corpos de prova, foi aferida a ascensão capilar da água no interior de cada amostra, como apresentado na Tabela 3.

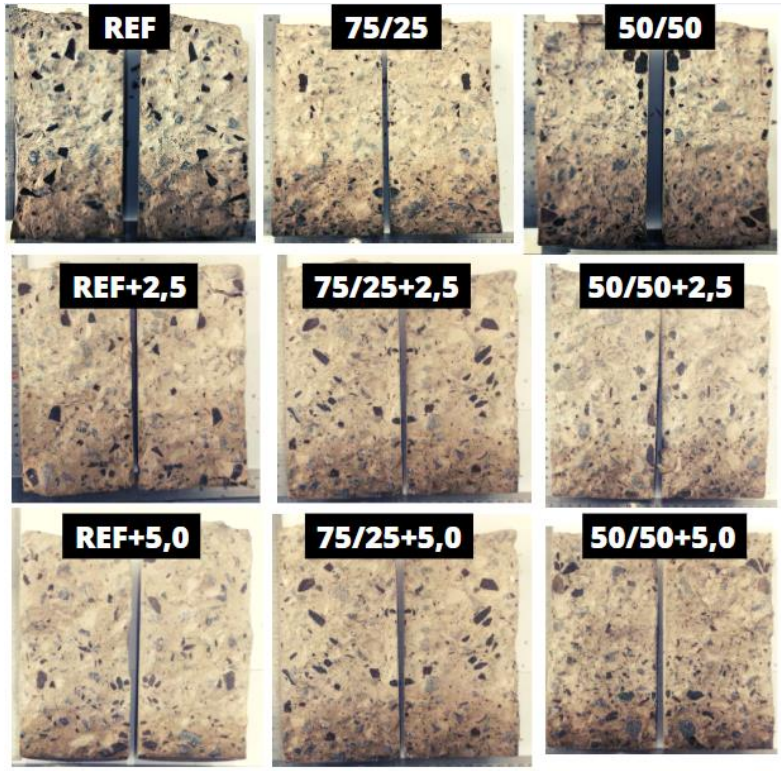
Tabela 3: Altura da ascensão capilar da água

	REF	REF+2,5	REF+5,0	75/25	75/25+2,5	75/25+5,0	50/50	50/50+2,5	50/50+5,0
CP1 (cm)	7,50	8,80	4,90	7,30	7,70	4,50	7,00	6,80	5,30
CP2 (cm)	7,80	8,50	4,30	6,50	6,30	5,00	8,00	6,00	4,90
CP3 (cm)	8,50	9,00	5,00	8,30	6,50	5,20	8,30	7,00	5,50
Média (cm)	7,93	8,77	4,73	7,37	6,83	4,90	7,77	6,60	5,23

Fonte: autores (2023)

Foi possível perceber que conforme incorporado fíler na dosagem, ocorreu a redução da ascensão capilar, notável nos traços com 5,0% do material, explicado pelo preenchimento dos vazios, recorrente da granulometria fina do material, demonstrando assim o melhor empacotamento dos grãos ao se incorporar uma quantidade maior de fíler na mistura. Nesse caso, concluindo-se que a adição mineral tem efeito positivo na ascensão capilar, explicado pela distribuição do material fino na curva granulométrica, compreendendo em um melhor empacotamento das partículas.

Figura 3: Ascensão capilar dos traços



Fonte: autores (2023)

Referente a ascensão capilar no interior do concreto, é possível notar também que ocorreu uma diminuição na altura capilar quando incorporado um teor de 5,0% de fíler em todos os traços. Nesse caso, concluindo-se que a adição mineral tem efeito positivo na ascensão capilar, explicado pela distribuição do material fino auxiliando para o melhor empacotamento das partículas.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos, entende-se que ao realizar a substituição do AMN pelo AMB aumenta-se a absorção capilar conforme é aumentado o teor de substituição. Já com a incorporação do fíler basáltico, evidencia-se a redução da absorção para a adição de 5,0% do material, em todos os traços analisados, tal fato pode estar atrelado à granulometria fina do fíler, promovendo o empacotamento das partículas e o fechamento dos vazios, sendo que quanto maior o teor de fíler incorporado na mistura, menor será a

absorção de água por capilaridade devido ao fechamento dos vazios ocasionado pela granulometria fina do material. Logicamente, mais ensaios são necessários para aprofundamento do assunto.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, W. M. P. de; TORRES, V. L.; SANTOS, M. D. O.; SOUZA, B. H. P. de; SILVA, M. A. M.; SANTOS, H. C. Utilização de areia de britagem em substituição à areia natural do concreto de alta resistência. **60º CONGRESSO BRASILEIRO DE CONCRETO**, 2018, Foz do Iguaçu, Paraná. Anais: IBRACON, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projetos de estrutura de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

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

BASTOS, S. R. B. **Uso da areia artificial basáltica em substituição parcial à areia fina para a produção de concretos convencionais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC, 2002.

BUEST, G. T. **Uso da areia artificial basáltica em substituição parcial à areia fina para a produção de concretos convencionais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2006.

CEPURITIS, R. **Novo tipo de areia manufaturada substitui a areia natural na produção do concreto**. Disponível em <https://www.metso.com/br/showroom/agregados/novo-tipo-de-areia-manufaturada-substitui-a-areia-natural-na-producao-de-concreto/>. Acesso em: 10 jul. 2020.

DRAGO, C.; VERNEY, J. C. K.; PEREIRA, F. M. Efeito da utilização de areia de britagem em concretos de cimento Portland. **Revista Escola de Minas**, v. 62, n. 3, p. 399-408, jul./set. 2009.

MATOS, L. F. de; ALLEM, P. M; PIVA, J. H. **Avaliação da substituição do agregado miúdo natural (areia) pelo agregado miúdo de britagem (pó de pedra) quanto às características mecânicas do concreto**. Curso de Engenharia Civil da UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, SC, 2017.

MENOSSI, R. T. **Utilização do pó de pedra basáltica em substituição à areia natural do concreto**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, São Paulo, 2004.

NUNES, J. M. G.; KAUTZMANN, R. M.; OLIVEIRA, C. Evaluation of the natural fertilizing potential of basalt dust wastes from the mining district of Nova Prata (Brazil). **Journal of Cleaner Production**, 2014.

POLESELLO, E. **Avaliação da resistência à compressão e da absorção de água de concretos utilizados após o tempo máximo de mistura e transporte especificado pela NBR 7212**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, 2012.

ARAÚJO, W. M. P. de; TORRES, V. L.; SANTOS, M. D. O.; SOUZA, B. H. P. de; SILVA, M. A. M.; SANTOS, H. C. Utilização de areia de britagem em substituição à areia natural do conceto de alta resistência. *In:* **60º CONGRESSO BRASILEIRO DE CONCRETO**, 2018, Foz do Iguaçu, PR. Anais. Foz do Iguaçu: IBRACON, 2018.

WALKER, W. R.; MEINHART, A. H.; ARNOLD, D. C. M.; ANDRIOLI, L. D. Análise da substituição do agregado miúdo quartzoso por agregado miúdo de britagem de rocha basáltica em concreto. *In:* **7° ENCONTRO NACIONAL DE APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO,** 2021, Porto Alegre, RS. Anais. Ponta Grossa: Atena, 2021, p. 8.