



EFEITO DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGLOMERANTE PELO RESÍDUO DO BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS NA DURABILIDADE DE CONCRETOS

FERNANDO RITIÉLE TEIXEIRA¹; ²VITORIA SILVEIRA DA COSTA; ³CHARLEI MARCELO PALIGA ; ⁴ARIELA DA SILVA TORRES

¹Universidade Federal de Pelotas – fernandoteixeira5400@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – vitoriascosta@yahoo.com.br

³Universidade Federal de Pelotas – charleipaliga@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas – arielatorres@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Os agentes agressivos presentes no meio ambiente representam uma ameaça à integridade das armaduras em estruturas de concreto armado. Os fatores que intervêm na durabilidade do concreto estão atrelados ao transporte de massa na sua rede de poros. Isso determinará a resistência a penetrabilidade dos agentes agressivos ao tentar ingressar no concreto.

O movimento de fluidos na microestrutura do concreto ocorre devido a diferenças de pressão, umidade e concentração, e dependendo de qual mecanismo rege o fenômeno, este poderá ser denominado permeabilidade, absorção capilar, migração iônica ou difusão (RIBEIRO, 2018).

No que tange a produção de resíduo oriundo do beneficiamento de rochas ornamentais (RBRO), segundo a Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais (ABIROCHAS), em 2017 a produção de tais rochas no Brasil ficou em torno de 9,24 Mt, sendo que dessas, 1,046 Mt foram exportadas. Deve se destacar que 41% dos blocos, em volume, foram transformados em rejeitos, produzindo 3,36 Mt de material a ser descartado durante o processamento das rochas ornamentais, corroborando, desta maneira, com Singh et al. (2017), que afirmam que a geração de resíduos nas jazidas e nas instalações de processamento giram em torno de 30%.

Nesse contexto, esse trabalho avaliou a influência da substituição parcial do cimento pelo RBRO na absorção de água em concretos estruturais. O resíduo foi utilizado em proporções de 5%, 7,5%, 10% e 12,5% de substituição em massa ao cimento, tendo sido realizados os ensaios de absorção por imersão NBR 9778 (ABNT, 2009) e absorção por capilaridade NBR 9779 (ABNT, 2007).

2. METODOLOGIA

Realizou-se a dosagem do concreto através da metodologia de dosagem do IPT/EPUSP (HELENE; TERZIAN, 1993). Através de procedimento experimental definiu-se o teor de argamassa seca ideal em 51% ($\alpha = 0,51$) e a quantidade de água necessária para a obtenção do abatimento do tronco de cone em 70 ± 10 mm. O cimento utilizado foi o Cimento Portland de Alta Resistência Inicial (CPV-ARI), da marca Suprema Secil. O cimento foi escolhido por conter menor teor de adições ativas entre os disponíveis, o que facilita o entendimento da ação do RBRO no concreto.

Através das equações de dosagem, e do valor pré-estabelecido da relação água/cimento de 0,60, foi determinado o traço de referência do concreto,



conforme Tabela 1. A relação água/cimento igual a 0,60 foi definida por ser o valor máximo considerado para um concreto estrutural, localizado em ambiente urbano (Classe II de agressividade), de acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014).

A partir do traço de referência foi realizada a substituição parcial do cimento pelo RBRO em teores de 5%, 7,5%, 10% e 12,5%, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Traços unitários utilizados na produção dos concretos

Traço	Cimento (kg)	RBRO (kg)	Areia (kg)	Brita (kg)	Fator a/c
Referência	1,000	0,000	2,4	3,28	0,6
5%	0,950	0,050	2,4	3,28	0,6
7,50%	0,925	0,075	2,4	3,28	0,6
10%	0,900	0,100	2,4	3,28	0,6
12,50%	0,875	0,125	2,4	3,28	0,6

Foram moldados corpos de prova cilíndricos (10x20 cm), conforme a NBR 5738 (ABNT, 2015), para a realização dos ensaios. Na Tabela 2 são detalhadas todas as propriedades estudadas neste trabalho, bem como a quantidade de amostras e as normas utilizadas nos procedimentos.

Tabela 2 – Metodologia dos ensaios realizados.

Ensaio		Detalhes	Metodologia
Físicos	Absorção de água por imersão	3 cps por traço idade: 28 dias	NBR 9778 (ABNT, 2009)
	Absorção de água por capilaridade	3 cps por traço idade: 28 dias	NBR 9779 (ABNT, 2009)

Por fim, foi realizado o tratamento de dados no software SPSS 20.0 for Windows, através de análise de variância (ANOVA) e comparação múltipla de médias (Teste de Tukey).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do ensaio de absorção de água por capilaridade estão apresentados na Figura 1. O ensaio demonstrou uma redução na taxa de absorção nos teores de substituição de 5 e 7,5%, sendo que esta última apresentou melhor desempenho (uma redução de 10%). Por outro lado, a substituição de 12,5% apresentou um aumento na taxa de absorção de 22,70%.

Pode-se concluir, com base nas análises de variância (ANOVA), que a hipótese de as médias serem iguais foi rejeitada e que os efeitos da relação teor de substituição são significativas ao nível de significância de 5%. Deste modo, o teste de Tukey foi aplicado e constatou-se que os concreto com 10% e 12,5% de substituição do cimento pelo RBRO podem ser considerados estatisticamente diferentes do concreto de referência. Nesses teores houve um aumento estatisticamente significativo na absorção de água, sendo os demais teores de substituição estatisticamente iguais ao traço de referência quanto à absorção de água por capilaridade.

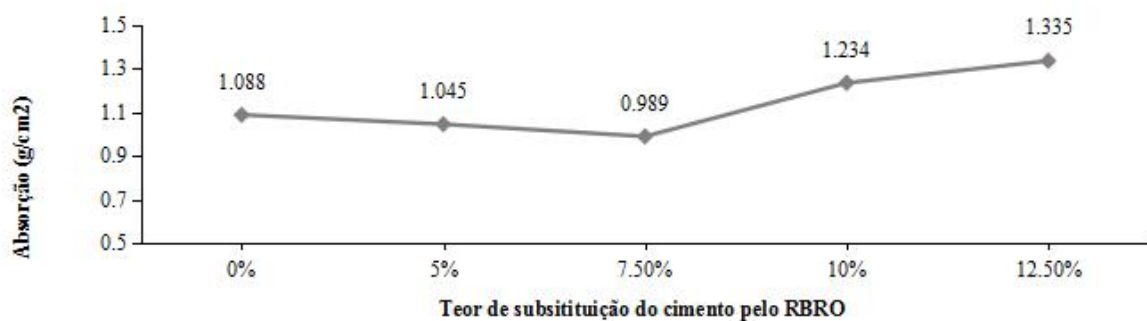


Figura 1: Absorção por capilaridade

Os resultados de absorção de água por imersão são mostrados na Figura 2. O traço com substituição de 7,5% apresentou melhor desempenho, com redução da absorção de 3,66% em relação ao traço de referência. Todos os outros teores de substituição promoveram um aumento na absorção, sendo que o traço com 12,5% apresentou um aumento de 14,14% na taxa absorção em relação à referência.

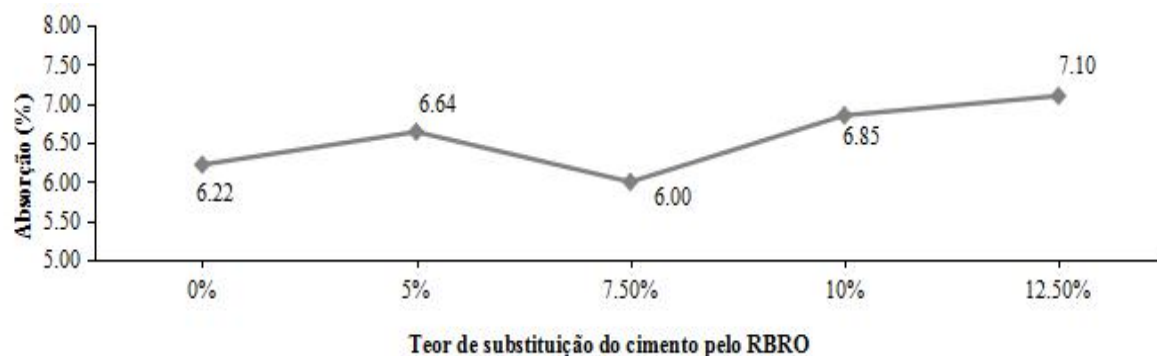


Figura 2: Absorção por imersão

A análise de Variância (ANOVA) da absorção de água por imersão obteve um Valor-P=0,0039. Portanto, o teor de substituição do cimento afetou significativamente os resultados desta variável dependente. Para uma melhor compreensão dos resultados, realizou-se o teste de Tukey, e constatou-se que o concreto com 12,5% de substituição do cimento pelo RBRO pode ser considerado estatisticamente diferente do concreto de referência. Nesse teor, houve um aumento estatisticamente significativo na absorção de água, sendo os demais teores de substituição estatisticamente iguais ao traço de referência quanto à absorção de água por capilaridade.

4. CONCLUSÕES

Neste trabalho procurou-se verificar a influência exercida na substituição parcial do cimento pelo RBRO nas propriedades físicas destes concretos. Tendo em vista os resultados obtidos, foi possível concluir que:

a) No ensaio de absorção por capilaridade os traços com 10% e 12,5% apresentaram diferenças estatisticamente significativas, e os respectivos teores promoveram um aumento na taxa de absorção em relação ao traço de referência;



- b) No ensaio de absorção por imersão, apenas o traço com 12,5% de substituição apresentou diferença estatisticamente significativa na taxa de absorção, sendo que o mesmo promoveu um incremento nesta propriedade em relação ao traço de referência;
- c) Os concretos com 5 e 7,5% de substituição não apresentaram diferenças estatisticamente significativas em ambos os ensaios de absorção realizados, quando comparados ao traço de referência. Concluindo-se, desta maneira, que poderiam ser utilizados em concretos estruturais sem que afetem a durabilidade dos mesmos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 9778:2009 **Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica**. NBR 9778. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 9779:2013 **Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por capilaridade**. . Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 5738: 2003.
Concreto – **Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova**. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: 2014.
Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais - ABIROCHAS.
Exportações e Importações Brasileiras de Rochas [Internet] 2017; [cited 2018 May 23]. Disponível em: <http://www.abirochas.com.br/estatisticas.php>

HELENE, P. R. L.; TERZIAN, P. **Manual de dosagem e controle do concreto**. São Paulo: PINI, 1993. 349 p.

RIBEIRO, Daniel Verás. **Corrosão em estruturas de concreto armado: teoria, controle e métodos de análise**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

Singh, M., Srivastava, A., Bhunia, D., 2017. **An investigation on effect of partial replacement of cement by waste marble slurry**. Construct. Build. Mater. 134, 471e488