

# Propriedades físicas e mecânicas do concreto convencional com isolador de Porcelana

## Physical and mechanical properties of the conventional concrete with porcelain insulator

<sup>(1)</sup> Vander Alkmin dos Santos Ribeiro, vanderalkmin@gmail.com

<sup>(1)</sup> Carlos Rubens Pinto, carlosrubens53@gmail.com

<sup>(1)</sup> Luciano Floriano Barbosa, lucianoafb@fepi.br,

<sup>(2)</sup> Adhimar Flávio Oliveira, adhimarflavio@unifei.edu.br

<sup>(2)</sup> Claudiney Sales Pereira Mendonça, sales.claudiney21@gmail.com

<sup>(1)</sup> Centro Universitário de Itajubá – FEPI, Avenida Dr. Antônio Braga Filho, nº 687, Bairro Varginha, Itajubá – MG, Brasil.

<sup>(2)</sup> Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI, Av. BPS, 1303, Bairro Pinheirinho, Itajubá-MG, Brasil.

Recebido: 28 de Dezembro de 2018; Revisado: 01 de março de 2019

### Resumo

O presente trabalho tem por objetivo estudar a influência da substituição parcial dos agregados graúdos do concreto convencional por sucatas de isoladores de porcelana, e investigar as propriedades físicas e mecânicas do concreto convencional. Atualmente, no Brasil, são geradas 25.000 toneladas ao ano de descarte deste material, com a troca de peças obsoletas e controle de qualidade imposto pelas fábricas. Com pesquisas realizadas e testes executados em laboratório, o trabalho procura melhorar a resistência a compressão e tração do concreto nas obras de engenharia civil, reduzir as sucatas de isoladores de porcelana que não possuem destinação correta para o meio ambiente e diminuir os custos de matérias utilizados no ramo da construção. Em relação ao concreto com resíduos descartados, citado acima, foi elaborado o traço do concreto pelo método ABCP-ACI, com porcentagens de substituição do volume de brita pelos isoladores (5% e 10%). Os concretos foram ensaiados quanto à resistência à compressão, módulo de elasticidade e tração nas idades de 14 e 28 dias. Os resultados mostraram que os valores da resistência a compressão e módulo de elasticidade diminuíram do concreto referência para 5%, entretanto seus valores aumentaram do concreto com 5% para 10%. O valor da tração diminuiu de 3,03 MPa da amostra referência para 2,70 MPa para a amostra com 5RP para o concreto endurecido para a cura de 28 dias. Entretanto, houve um aumento de 2,70 MPa da amostra com 5RP para 2,87 MPa da amostra com 10RP.

**Palavras-chave:** Concreto, Isoladores de Porcelana, Resistência a compressão, Módulo de Elasticidade.

### Abstract

The objective of this work is to study the influence of the partial replacement of large aggregates of conventional concrete with scrap porcelain insulators and to investigate the physical and mechanical properties of conventional concrete. Currently, in Brazil, 25,000 tons of waste are generated annually, with the exchange of obsolete parts and quality control imposed by the factories. With research carried out and tests carried out in the laboratory, the work seeks to improve the compressive strength and tensile strength of concrete in civil engineering works, to reduce the scrap of porcelain insulators that do not have correct destination for the environment and to reduce the costs of materials used in

the field of construction. As for the concrete with discarded residues mentioned above, the ABCP-ACI method was used for the concrete, with percentages of substitution of the volume of gravel by the insulators (5% and 10%). The concretes were tested for compressive strength, modulus of elasticity and traction at ages 14 and 28 days. The results showed that the values of the compressive strength and modulus of elasticity declined from the reference concrete to 5%, although its values increased from concrete with 5% to 10%. The tensile value decreased from 3.03 MPa of the reference sample to 2.70 MPa for the sample with 5RP for the hardened concrete for 28 days cure. However, there was an increase of 2.70 MPa of the sample with 5RP to 2.87 MPa of the sample with 10RP.

**Keywords:** Concrete, Porcelain Insulators, Compressive Strength, Modulus of Elasticity.

## Introdução

A troca dos isoladores ocorre em média a cada dez anos devido ao desgaste e à dificuldade em substituir a parte metálica interna ao corpo cerâmico. A legislação brasileira obriga os produtores a recolher as peças substituídas, o que gera um resíduo de aproximadamente 25 mil toneladas por ano, pois apenas 3% do material recolhido é reutilizado na produção de novos isoladores. Em decorrência, as fábricas mantêm pátios de peças obsoletas. Empresas sucateiras compram estes isoladores inservíveis de porcelana, principalmente em leilões das concessionárias de distribuição de energia, apenas para reciclagem dos metais, sem nenhuma utilização do corpo cerâmico, não raro descartado indevidamente na natureza (FERRÃO, CAMPOS e PAULON, 2016).

Diante disso, pesquisas de materiais recicláveis e inservíveis para utilização na construção civil são desenvolvidas no

mundo há seis décadas e no Brasil nos últimos anos.

Uma das alternativas encontradas no processo de reciclagem na construção civil é a aplicação do isolador elétrico como agregado graúdo na produção de concreto e argamassas.

Conforme apresentado por (FRANCKI, R.; JOUKOSKI, A.; PORTELLA, K. F.; BERKESEN, R., 2004), a substituição dos agregados naturais por resíduos de isoladores elétricos de porcelana provenientes de substituição por parte das concessionárias elétricas brasileiras é material com composição química similar à dos agregados naturais. Estudos na área de adição e substituição de componentes do concreto observam que a utilização de resíduos cerâmicos promove benefícios ao composto e podem ser adicionados com segurança, sem a necessidade de mudanças na produção e aplicação do processo (MILHOMEM, SILVA e COSTA,

2018). A porcentagem de substituição usualmente utilizada em estudos relacionados aos agregados comuns por resíduos cerâmicos varia entre 5% a 50%, entretanto, há casos que se recomenda a substituição total dos agregados (CAMPOS, 2009).

Campos e Paulon (2015) executaram testes de aplicação de isoladores elétricos de porcelana como agregados do concreto em diferentes concentrações, afim de comparar com o traço de referência nos quesitos de trabalhabilidade, consistência, resistência à compressão, tração, módulo de elasticidade em sua deformação, absorção de água por capilaridade e resistência a carbonatação. Além destas análises, os autores optaram por comprovar de forma microscópica a interação das partículas na hidratação da pasta de cimento, durante o processo de evolução do agregado para a pasta (CAMPOS e PAULON, 2015).

Campos e Paulon (2015) observaram que ao realizar o teste de compressão simples com os corpos de provas contendo isoladores elétricos de porcelana, ocorreu uma melhora devido a distribuição granulométrica, que provocou ao concreto uma menor presença de materiais inorgânicos na composição e um adensamento mais adequado, proporcio-

nando a mistura, uma redução na absorção de água (CAMPOS e PAULON, 2015)

Outro aspecto observado, comparado com o referencial, que durante os 3 primeiros dias de cura, a resistência do corpo de prova era inferior, mas ao continuar com os testes, quando medido em relação a 7 dias, já apresentava um aumento de 14% em relação ao referencial. Ao final de todos os testes de compressão simples, ao atingir 365 dias, a resistência teve um aumento de 35% (CAMPOS e PAULON, 2015)

Outro teste realizado por Milhomem (2018) Para resistência à tração por compressão diametral, os melhores valores foram encontrados quando ocorre a substituição de 75% do material aos sete dias, mas aos 28, 100% de substituição conferiu resultados mais significativos, chegando a 73% de aumento da resistência (MILHOMEM, SILVA e COSTA, 2018).

Abhishek Verma (2017) investigou a resistência à compressão de 7, 14 e 28 dias em várias porcentagens de substituição de resíduos de isolador de porcelana cerâmica em concreto de 0 a 40%. Os resultados mostram a tendência que à medida que aumenta a porcentagem de resíduos de cerâmica, a

resistência à compressão também diminui (VERMA e MEENA, 2017).

Diante destes fatos, o seguinte trabalho investigou a aplicação dos isoladores de porcelana como agregado graúdo do concreto. Verificando o comportamento diante de teste de compressão e tração, de acordo com as normas da ABNT.

### Material de Métodos

Dentre os agregados utilizados na realização dos corpos de prova, a areia escolhida, é considerada média, provenientes dos leitos dos rios. A brita selecionada, possui a granulometria equivalente a Brita 1, e o cimento usado se classifica como o CP-II-E-32, onde sua marca dependerá da disponibilidade presente na cidade de Itajubá-MG. Estes produtos serão comprados em lojas de materiais de construção civil localizadas na região. Os isoladores elétricos de porcelana foram recolhidos através dos descartes em lixões disponibilizados na cidade de Santa Rita do Sapucaí-MG, conforme mostrado na Figura 1.



**Figura 1** - Quantidade de isolador de porcelana adquirido

Os mesmos foram quebrados, a fim de obterem a granulometria próxima a brita 1, devido a finalidade de substituir em porcentagens este agregado.

O aditivo plastificante utilizado neste trabalho foi o Cemix 2000, com alto poder de redução de água. Tem ação simultânea de plastificante e superplastificante, dependendo da dosagem utilizada, e não altera significativamente o tempo de pega.

Permite concretos com ótima trabalhabilidade e baixa relação água-cimento, o que proporciona concretos de grande durabilidade, baixa permeabilidade e de altas resistências.

A utilização do aditivo plastificante é necessária, pois à medida que aumenta a quantidade do resíduo no concreto, o ar incorporado também aumenta, principalmente, com a utilização de partículas de menor dimensão.

As determinações da composição granulométrica dos agregados graúdo, miúdo e do isolador de porcelana elétrico foram realizadas de acordo com os procedimentos descritos na norma ABNT NBR NM 248: 2003 (ABNT NBR NM 248, 2013).

O módulo de finura foi calculado pela soma das percentagens cumulativas mantidas nas peneiras e dividindo a soma por 100 e a dimensão máxima característica dos agregados é identificado pela abertura da malha da peneira, a qual a porcentagem retida e acumulada for igual ou imediatamente inferior a 5 %.

A massa específica do agregado miúdo foi determinada segundo o procedimento da NBR NM 52:2009 (ABNT NBR NM 52, 2009) e a massa unitária segundo o procedimento da norma ABNT NBR NM 45:2006 (ABNT NBR NM 45, 2006), massa específica do agregado graúdo foi determinada conforme a ABNT NBR NM 53: 2009 (ABNT NBR NM 53, 2009) e ABNT NBR NM 45: 2006 (ABNT NBR NM 45, 2006).

Realizada a etapa de caracterização dos materiais foi identificado o traço do concreto  $1: 1,48: 2,46: 0,5$  através do método ABCP/ACI.

Na produção das misturas de concreto foi utilizada betoneira de eixo incli-

nado com capacidade de 55 litros e a colocação dos materiais na betoneira seguiu a ordem: agregado graúdo, água, cimento, areia, conforme mostrado na Figura 2.



**Figura 2-** Concreto referencial sendo preparado na betoneira

Após a execução de cada mistura de concreto realizou-se o ensaio para a determinação dos valores das consistências dos concretos pelo abatimento do tronco de cone, conforme a norma ABNT NBR NM 67:1998.

As tolerâncias para o Slump foram identificadas segundo a norma NBR 7212: 2012 (ABT NBR 7212, 2012; ABNT NBR NM 67, 1998).

A produção dos corpos de prova foi baseada no traço de referência, equivalente a  $1: 1,48: 2,46: 0,5$  e os demais foram produzidos com teores de substituição da brita pelo resíduo equivalente a 5% e 10%, em massa. Foram moldados

24 corpos de prova de dimensão 15 cm de diâmetro e 30 cm de altura (Figura 3), seguindo as recomendações da NBR 5738 (ABNT NBR 5738, 2015). A produção dos corpos de prova foi destinada à realização dos ensaios de resistência à compressão, módulo de elasticidade e resistência à tração por compressão diametral.



**Figura 3** - Corpos de prova

A determinação da resistência à compressão dos concretos foi realizada aos 14 dias e 28 dias de cura segundo os procedimentos descritos na norma NBR 5739:2007 (ABNT NBR 5739, 2007). O

valor do módulo de Elasticidade do concreto foi realizado aos 14 dias e 28 dias segundo a norma da NBR 6118:2014 e NBR 8522:2008 (ABNT NBR 6118, 2016; ABNT NBR NM 45, 2006).

A Tabela 1 mostra os valores da composição granulométrica do agregado miúdo. O diâmetro máximo é encontrado para a areia é de 2,38 mm, sendo classificados como agregados miúdos.

Para se obter o módulo de finura, é necessário realizar o somatório das porcentagens retidas acumuladas nas peneiras de série normal, e em sequência, dividir o resultado por 100.

Sendo assim, a amostra apresenta o módulo de finura de 1,79. De acordo com a norma NBR 7211 (2009), a areia está em seu limite superior na zona ótima em classificação (ABNT NBR 7211, 2009).

**Tabela 1** – Granulometria do agregado miúdo

Peneiras (abertura)	Massa retida (%)	Massa retida acumulada (%)
4,76	0,24	0,24
2,38	1,73	1,97
1,19	3,99	5,96
0,59	16,26	22,22
0,297	34,65	56,87
0,149	34,69	91,56
0,074	6,51	98,07
Fundo	1,93	100
Massa total (g)	366,36	

Diâmetro máximo (mm)	2,38
Módulo de finura	1,79
Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )	2,33

A Tabela 2 mostra os valores da composição granulométrica do agregado graúdo. A granulometria do agregado graúdo é realizada para a definição de seu diâmetro máximo, conhecido como D<sub>máx</sub>, onde o mesmo é determinado de acordo com a abertura da peneira que apresentar uma porcentagem retida acumulada, igual ou imediatamente inferior a 5% em massa. Sendo assim, de acordo

com as amostras estudadas, obteve-se o D<sub>máx</sub> de 19,00 mm.

Segundo a norma NBR 7211 (2009) a brita se encaixa na zona granulométrica 9,5/25 e possui restrição na peneira 19 mm (ABNT NBR 7211, 2009).

De acordo com a norma NBR 7211 (2009), o agregado graúdo é classificado como Brita 1 (ABNT NBR 7211, 2009).

**Tabela 2**-Granulometria do agregado graúdo

Peneiras (abertura mm)	Massa retida (g)	Massa retida acumulada (g)	Porcentagem retida acumulada (%)
31,50	0	0	0
25,40	0	0	0
19,10	0	0	0
12,50	1745	1745	31,1
9,52	2560	4305	76,8
4,80	1030	5335	95,2
FUNDO	270	5605	100
Massa total (g)	5605		
Diâmetro máximo (mm)	19,00		
Módulo de finura	6,72		
Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )	2,81		

A Tabela 3 mostra os valores da composição granulométrica do isolador de porcelana como agregado graúdo. Para a determinação da granulometria do isolador de porcelana, é definido o seu diâmetro máximo, onde o mesmo é determinado de acordo com a abertura da peneira que apresentar uma porcentagem

retida acumulada, igual ou imediatamente inferior a 5% em massa, da mesma maneira executada pela brita, pois, os isoladores de porcelana foram quebrados afim de apresentarem, da forma mais parecida possível, as dimensões da brita. Portanto, após realizado os testes e colhidos os resultados, apresentados acima, o D<sub>máx</sub> encontrado foi de 19,00 mm.

Segundo a norma NBR 7211 (2009), o isolador de porcelana se encaixa na zona granulométrica 9,5/25 e possui restrição na peneira 12,5 mm

Comparando a classificação da brita com o resíduo do isolador de porcelana

observa-se que satisfaz a condição de substituição parcial da mesma quanto ao critério do diâmetro dos grãos.

**Tabela 3-**Granulometria do isolador de porcelana como agregado graúdo

Peneiras (Abertura mm)	Massa retida (g)	Massa retida acumulada (g)	Porcentagem retida acumulada (%)
31,50	0	0	0
25,40	0	0	0
19,10	145	145	2,89
12,50	3485	3630	72,45
9,52	895	4525	90,31
4,80	415	4940	98,59
FUNDO	70	5010	100
Massa total (g)	5010		
Diâmetro máximo (mm)	19,00		
Módulo de finura	6,92		
Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )	2,33		

## Resultados e discussões

Na Tabela 4 mostra as siglas do concreto com as porcentagens de 5% e 10%, sendo a substituição parcial

do isolador de porcelana pelo agregado graúdo.

Tabela 4: Composição do concreto

AMOSTRA	Composição
REF	0% de isolador de porcelana
5RP	5% de isolador de porcelana.
10RP	10% de isolador de porcelana

A Tabela 5 mostra os resultados encontrados nos ensaios de abatimento do tronco de cone (Slump Test) em que mede a consistência e a fluidez do mate-

rial, permitindo que se controle a uniformidade do concreto para o concreto fresco com porcentagens de substituição parcial do volume do agregado graúdo por resíduos de isolador de porcelana elétrico com 5RP e 10RP. O aumento da



porcentagem do isolador de porcelana não alterou a trabalhabilidade do concreto.

**Tabela 5** – Ensaio de Abatimento do tronco de cone (Slump teste)

Amostra	Abatimento do tronco de cone (mm)
REF	80
5RP	80
10RP	80

Na Tabela 6, são descritos os resultados encontrados nos corpos de prova, quando submetidos a compressão, aos 14 e 28 dias de cura. Através dos resultados observou-se que a resistência a compressão diminuiu de 32,83 MPa da amostra REF para 27,00 MPa da amostra com 5RP com 28 dias de cura. Entretanto, observou-se um aumento da resistência a compressão de 27,00 MPa da amostra com 5RP para 29,64 para a amostra com 10RP.

Através dos resultados observou-se que a resistência a compressão diminuiu de 28,80 MPa da amostra REF para 22,57 MPa da amostra com 5RP com 14 dias de cura. Entretanto, também se observou um aumento da resistência a compressão de 22,57 MPa da amostra com 5RP para 25,79 MPa para a amostra com 10RP.

A redução da resistência a compressão verificada com a incorporação do

isolador de porcelana como agregado graúdo pode ser atribuída a uma maior incorporação de ar aprisionado quando da produção de concreto com resíduo e também à má aderência entre a pasta de cimento e o isolador de porcelana (GRANZOTTO e DE SOUZA, 2013).

Os resíduos do isolador de porcelana funcionam como vazios no interior da massa de concreto e quanto maior o teor de ar aprisionado, maior a porosidade e conseqüentemente menor a sua resistência (FREITAS, 2009).

Conforme esperado, os valores encontrados para as resistências aos 28 dias foram maiores em relação aos 14 dias, devido ao processo de hidratação do cimento (MILHOMEM, SILVA e COSTA, 2018). Analisando os resultados, percebe-se que houve um aumento de aproximadamente 12,27% ao correlacionar o traço de referência nas idades de 14 e 28 dias. Com teor de substituição de 5RP, o acréscimo de resistência foi de

16,40% em relação às misturas com mesmas idades e para as misturas contendo 10RP de substituição, o aumento chegou a 12,98%.

**Tabela 6** - Resistência a compressão do aos 14 dias e 28 dias de cura

Amostra	14 dias (MPa)	28 dias (MPa)
REF	28,80	32,83
5RP	22,57	27,00
10RP	25,79	29,64

A Tabela 7 mostra os resultados encontrados nos ensaios do módulo de elasticidade. A Tabela 7 mostra que o valor do módulo de elasticidade diminuiu de 30,05 GPa da amostra REF para 26,60 GPa da amostra com 5RP para o concreto endurecido para a cura de 14 dias. Entretanto, observou-se um aumento de 26,60 GPa da amostra com 5RP para 28,44 GPa da amostra com 10RP.

Também se observa uma diminuição de 32,07 GPa da amostra REF para 29,10 GPa da amostra com 5RP para a cura de 28 dias. Entretanto, observou-se um aumento de 29,10 GPa da amostra com 5RP para 30,49 GPa da amostra com 10RP.

A redução do valor do módulo de elasticidade no concreto com resíduos de isolador de porcelana pode ser atribuída à redução de sua resistência.

Segundo Neville (1995), o módulo de elasticidade e a resistência à compressão são duas propriedades diretamente ligadas entre si. Segre (1999) comprovam esta relação, pois relatam que assim que a resistência do concreto diminui com a adição do resíduo, o módulo de elasticidade também diminui (SEGRE, 1999; FIORITI, C. F., 2007).

Conforme esperado, os valores encontrados para os módulos de elasticidade aos 28 dias foram maiores em relação aos 14 dias, devido ao processo de hidratação do cimento. Analisando os resultados, percebe-se que houve um aumento de aproximadamente 6,30% ao

correlacionar o traço de referência nas idades de 14 e 28 dias. Com teor de substituição de 5RP, o acréscimo de resistência foi de 8,59% em relação às misturas

com mesmas idades e para as misturas contendo 10RP de substituição o aumento chegou a 6,72%.

**Tabela 7** - Módulo de elasticidade do concreto

Amostra	14 DIAS	28 DIAS
Concreto referencial	30,05	32,07
5RP	26,60	29,10
10RP	28,44	30,49

Com os resultados dos testes a compressão, temos os valores obtidos com os cálculos para a determinação da tração por compressão diametral dos concretos para o traço em análises aos 14 e 28 dias na Tabela 8.

A Tabela 8 mostra que o valor da tração diminuiu de 2,82 MPa da amostra REF para 2,40 MPa para a amostra com 5RP para o concreto endurecido para a cura de 14 dias. Entretanto, houve um aumento de 2,40 MPa da amostra com 5RP para 2,61 MPa da amostra com 10RP.

Também mostra que o valor da tração diminuiu de 3,03 MPa da amostra referência para 2,70 MPa para a amostra com 5RP para o concreto endurecido para a cura de 28 dias.

Entretanto, houve um aumento de 2,70 MPa da amostra com 5RP para 2,87 MPa da amostra com 10RP.

Conforme esperado, os valores encontrados para a resistência a tração por compressão diametral do concreto aos 28 dias foram maiores em relação aos 14 dias. Analisando os resultados, percebe-se que houve um aumento de aproximadamente 6,93% ao correlacionar o traço de referência nas idades de 14 e 28 dias.

Com teor de substituição de 5RP, o acréscimo de resistência foi de 11,11% em relação às misturas com mesmas idades e para as misturas contendo 10% de substituição o aumento chegou a 9,06%.

O aumento da resistência à tração por compressão diametral quando comparados a idade de 14 dias para 28 dias é atribuída ao melhor comportamento da

porcelana frente a este tipo de solicitação, em comparação aos agregados comuns, areia e brita, independente do teor de substituição. A substituição combinada do resíduo de porcelana pelo agregado graúdo, conferiu maior resistência, devido a sua controlada distribuição (CAMPOS e PAULON, 2015).

**Tabela 8** - Resistência a tração por compressão diametral do concreto

Amostra	14 dias (MPa)	28 dias (MPa)
REF	2,82	3,03
5RP	2,40	2,70
10RP	2,61	2,87

## Conclusões

Os resultados encontrados nos ensaios de abatimento do tronco de cone (Slump Test) para o concreto fresco com porcentagens de substituição parcial do volume do agregado graúdo por resíduos de isolador de porcelana elétrico de 5RP e 10RP demonstram que o isolador de porcelana não alterou a trabalhabilidade do concreto em relação ao concreto referência.

A substituição combinada do agregado graúdo comum por porcelana graúda mostrou melhoria nas propriedades mecânicas.

A resistência à compressão simples a partir de 28 dias de idade para todos os traços com porcelana apresentou resultados entre si superiores aos do traço referência entre si. Os corpos de prova com isoladores de porcelana foram realizados para atenderem a resistência mínima de compressão de 25 MPa. Com os resultados obtidos, os mesmos conseguiram atingir o proposto a idade de 28 dias. Entretanto a amostra com concentração de 5RP não atendeu a resistência mínima de compressão aos 14 dias. As concentrações com resistência mínima de compressão de 25 MPa conseguiram atingir

o proposto, indicando que os concretos podem ser utilizados na construção civil como um concreto estrutural (vigas, escadas, pilares, lajes), de acordo com a resistência exigida em projeto.

O valor do módulo de elasticidade diminuiu da amostra referência para a amostra com 5RP para o concreto endurecido para a cura de 14 dias. Entretanto, observou-se um aumento da amostra com 5RP para a amostra com 10RP.

Também se observa uma diminuição da amostra referência para a amostra com 5RP para a cura de 28 dias. Entretanto, observou-se um aumento da amostra com 5RP para a amostra com 10RP.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem a CAPES, CNPq e FAPEMIG pelos apoios financeiros e a utilização do laboratório de Materiais de construção civil do Centro Universitário de Itajubá-FEPI.

### **Referências**

ABNT NBR 5738. : **Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.** Rio de Janeiro. 2015.

ABNT NBR 5739. :**Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos.** Rio de Janeiro. 2007.

O valor da tração diminuiu da amostra REF para 2,40 MPa para a amostra com 5% para o concreto endurecido para a cura de 14 dias.

Entretanto, houve um aumento da amostra com 5RP para a amostra com 10RP.

Também mostra que o valor da tração diminuiu da amostra REF para a amostra com 5RP para o concreto endurecido para a cura de 14 dias.

Entretanto, houve um aumento da amostra com 5RP para amostra com 10RP.

ABNT NBR 6118. **Projetos de estruturas de concreto.** Rio de Janeiro. 2016.

ABNT NBR 7211. **Agregados para concreto - Especificação.** Rio de Janeiro. 2009.

ABNT NBR NM 248. :**Agregados - Determinação da composição granulométrica.** Rio de Janeiro. 2013.

ABNT NBR NM 45. :**Determinação da massa unitária e do volume de vazios dos agregados.** Rio de Janeiro. 2006.

ABNT NBR NM 52. :**Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente.** Rio de Janeiro. 2009.

ABNT NBR NM 53. :**Agregados graúdo - Determinação da massa**

**específica aparente e absorção de água.** Rio de Janeiro. 2009.

ABNT NBR NM 67. **Ensaio de Abatimento do Concreto (Slump Teste).** Rio de Janeiro. 1998.

ABT NBR 7212. **Execução de concreto dosado em central.** Rio de Janeiro. 2012.

CAMPOS, M. A. Estudo do reaproveitamento de isoladores elétricos de porcelana como agregados em argamassas e concretos. Universidade Estadual de Campinas. 155 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Unicamp. Campinas-SP, 2009.

CAMPOS, M. A.; PAULON, A. Utilização de agregados alternativos de isoladores elétricos de porcelana em concretos. **Concreto y cemento. investigación y desarrollo**, v.7, p.30-43.2015.

FERRÃO, A. M. D. A.; CAMPOS, M. A.; PAULON, V. A. Reaproveitamento de resíduos de isoladores elétricos de porcelana como adição pozolânica em argamassas. **60º Congresso Brasileiro de Cerâmica.** [S.l.]: [s.n.]. 2016. p. 2120-2031.

FIORITI, C. F. **Pavimentos intertravados de concreto utilizando resíduos de pneus como material alternativo.** 194f.. Tese (Doutorado Ciências da Engenharia Ambiental).Escola federal de São Carlos. São Paulo. 2007.

FRANCKI, R.; JOUKOSKI, A.; PORTELLA, K. F.; BERKESEN, R. **Utilização de rejeitos de isoladores de porcelana em concretos, em substituição parcial ou total dos agregados naturais.** Florianopolis. 2004.

FREITAS, C. Desempenho físico-químico e mecânico de concreto de cimento Portland com borracha de estireno-butadieno reciclada de pneus. **Quím. Nova.** v. 32, n. 4, p. 913-918. 2009.

GRANZOTTO, L.; DE SOUZA, R. A. Mechanical properties of structural concrete with partial replacement of fine aggregate by tire rubber. **Acta Scientiarum.** v.35, n. 1,p 39-44 2013.

MILHOMEM, P. M.; SILVA, J. M.; COSTA,. Evaluation of mechanic properties of concrete produced with residual porcelain electrical insulators. **REEC.** v.14,p. 238-247. 2018.

SEGRE, N. C. **Reutilização de borracha de pneus usados como adição em pasta de cimento.** 92f. Tese (Doutorado em Química).Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 1999.

VERMA, A.; MEENA, J. Experimental Study of Ceramic Waste Electric Insulator Powder Used as a Partial Replacement of Cement in Concrete. **Journal of Materials Science & Surface Engineering.** v. 5, n. 4, p.606-611,2017.