

INFLUÊNCIA DOS RESÍDUOS VÍTREOS NAS PROPRIEDADES FÍSICAS DO CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND

Miranda Jr., E. J. P.¹; Rodrigues, E.N.L.¹, Paiva, A. E. M.¹

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais (PPGEM)¹

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA)¹

Av. Getúlio Vargas, nº4, Monte Castelo, São Luís - MA

E-mail: edson.jansen@ifma.edu.br

RESUMO

Neste trabalho, foi estudada a influência da incorporação de resíduo vítreo, provenientes da etapa de desbaste e polimento de uma empresa de tratamentos térmicos de vidro, no índice de vazios, na absorção de água e na massa específica do concreto de cimento Portland. Os agregados graúdos e miúdos utilizados foram a brita 1 e a areia, respectivamente. Para a produção do concreto, foram utilizadas porcentagens de resíduos vítreos de 5%, 10% e 20%, em substituição à areia, e relações água/cimento (a/c) 0,50, 0,55 e 0,58. A cura dos corpos de prova foi realizada em 28 dias. A partir dos resultados, pôde-se observar a redução do índice de vazios com o aumento da porcentagem de resíduo vítreo para as relações a/c 0,55 e 0,58. A redução do índice de vazios do concreto proporcionou a redução da absorção de água e o aumento da massa específica.

Palavras-chave: concreto de cimento Portland, resíduo vítreo, agregado miúdo, propriedades físicas.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, no Brasil, são produzidas milhões de toneladas de resíduos industriais com grande potencial de aplicação na construção civil. Destes resíduos, 76% são descartados em aterros, 18% são co-processados, 3% são incinerados ou sofrem outros tratamentos térmicos e 3% sofrem tratamentos biológicos e outros. No

Brasil, todos os produtos feitos com vidro correspondem em média a 3% dos resíduos urbanos⁽¹⁾.

A utilização de vidro como agregado miúdo no concreto vem sendo estudada e atualmente existem alguns países utilizando este material. A Austrália, por exemplo, já utiliza o vidro moído, proveniente do lixo, em concretos para construção civil. Foram apresentadas recomendações para o uso deste material em concretos no estado de Nova York⁽²⁾.

No Brasil, esta forma de valorização desse recurso ainda é pouco utilizada, tendo em vista que o aterro é uma opção barata e a disponibilidade de matéria-prima para materiais de construção civil é abundante⁽²⁾.

Poucos trabalhos no Brasil têm sido desenvolvidos abordando a utilização de concreto com agregados de resíduos vítreos para fins estruturais, podem ser citados como exemplos os trabalhos de Azevedo⁽³⁾, López et al.⁽²⁾ e Miranda Jr⁽⁴⁾.

Este trabalho teve como principal objetivo estudar a influência da substituição parcial do agregado miúdo natural por resíduos vítreos no índice de vazios, na massa específica e na absorção de água do concreto de cimento Portland.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

Foi utilizado o cimento Portland pozolânico CP IV-32RS, marca Nassau, uma vez que este cimento confere menor permeabilidade para o concreto e principalmente por reduzir a reatividade da reação álcali-sílica.

Os agregados miúdos e graúdos utilizados foram a areia lavada de rio e a brita 1, ambos obtidos pelas empresas Itapera Mineração Ltda e Brita Prado, respectivamente, localizadas na cidade de São Luís - MA.

Os resíduos vítreos utilizados nesta pesquisa foram doados pela indústria de vidros temperados Marvite, sendo provenientes do processo de polimento e desbaste de chapas de vidro plano antes de passarem pelo processo de têmpera. Estes resíduos encontravam-se aglomerados e endurecidos, devido à utilização de água no processo de polimento e desbaste das chapas de vidro.

A água utilizada na produção dos corpos de prova foi proveniente da rede de abastecimento local – Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão (CAEMA).

2.2 Métodos

Inicialmente, para que pudessem ser utilizados em substituição da areia, os resíduos vítreos foram destorroados, moídos e secos em estufa a 110 °C. Posteriormente, os resíduos vítreos foram caracterizados quanto a sua distribuição granulométrica.

O traço utilizado para produção do concreto foi de 1:1,57:1,935:0,5 (cimento:areia:brita:relação a/c). Ressalta-se que não foi utilizado nenhum tipo de aditivo durante a homogeneização da mistura. As porcentagens de resíduos vítreos utilizadas na produção do concreto em substituição à areia foram de 5%, 10% e 20%, e as relações água/cimento (a/c) de 0,50, 0,55 e 0,58.

A moldagem e cura dos corpos de prova cilíndricos (10 cm x 20 cm) foram feitas conforme recomendações da NBR 5738⁽⁵⁾. O adensamento dos corpos de prova foi feito de forma manual, em duas camadas, onde cada camada de concreto recebeu um total de 15 golpes.

A cura inicial dos corpos de prova, primeiras 24 h, ocorreu dentro dos moldes à temperatura ambiente de 29 °C. Após este período, os corpos de prova foram desmoldados e imersos em água à temperatura de 20 °C durante 28 dias.

Após os 28 dias de cura dos corpos de prova, eles foram secos em estufa durante um período de 24 h a 110 °C. Posteriormente, foram imersos em água durante 24 h e foram caracterizados quanto ao índice de vazios, absorção de água e massa específica, conforme as recomendações da norma NBR 9778⁽⁶⁾.

2.2.1 Índice de Vazios, Massa Específica e Absorção de Água

A determinação do índice de vazios, da massa específica e da absorção de água do concreto foi realizada para 28 dias de cura, sendo que para a produção dos corpos de prova foram utilizadas as três relações a/c e as três porcentagens de vidro supracitadas, em substituição à areia.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização dos Resíduos Vítreos

Na Figura 1, apresenta-se o gráfico comparativo da distribuição granulométrica da areia e dos resíduos vítreos. A porcentagem de material pulverulento (menor que 0,0075 mm) do vidro foi de 6,74%. Esta porcentagem é considerada elevada em comparação com a da areia de 3,15%.

O índice de material pulverulento do agregado miúdo de 3,15% é considerado elevado para utilização em concreto submetido a desgaste superficial, uma vez que está acima do limite estabelecido pela NBR 7211⁽⁷⁾ – 3%, mas encontra-se abaixo do limite para concreto protegido do desgaste superficial – 5%.

Devido, principalmente, a elevada porcentagem de finos do resíduo vítreo, uma maior quantidade de pasta de cimento aderiu nas partículas de vidro, reduzindo a quantidade de pasta de cimento disponível para a fluidez do concreto. Este mesmo comportamento foi observado por Park et al.⁽⁸⁾.

O módulo de finura da areia de 1,64 encontra-se na zona utilizável inferior segundo a NBR 7211⁽⁷⁾, variando entre 1,55 e 2,20, sendo classificada como areia fina. Devido ao vidro possuir módulo de finura maior que o do agregado miúdo – 3,88, ele apresenta partículas maiores, o que pode ser corroborado pela predominância do tamanho de partículas de vidro entre 4,75 mm e 300 µm. Observa-se que o resíduo vítreo apresentou baixas porcentagens de material passante nas peneiras de abertura de 300 µm e 600 µm em comparação à areia.

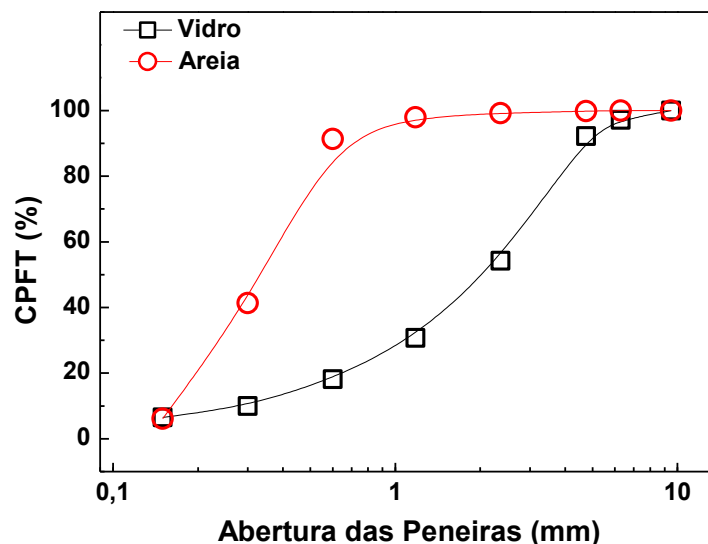


Figura 1. Comparação da curva de distribuição granulométrica dos resíduos vítreos e da areia.

3.2 Índice de Vazios

A influência da porcentagem de vidro e da relação a/c no índice de vazios do concreto pode ser observada na Figura 2 e 3. A partir da Figura 3, pode-se observar a tendência das médias do índice de vazios em função da porcentagem de vidro para as três relações a/c . Para a relação a/c 0,50, observou-se o aumento do índice de vazios do concreto de 5% a 20% de vidro e a redução do índice de vazios de 0% a 5% de vidro.

A redução do índice de vazios de 0% a 5% de vidro para a relação a/c 0,50 está, possivelmente, associada à melhor distribuição granulométrica obtida com a substituição de 5% e à atividade pozolânica do resíduo vítreo. O aumento do índice de vazios de 5% a 20% de vidro para a relação a/c 0,50 ocorreu principalmente devido à baixa fluidez do concreto.

Para as relações a/c 0,55 e 0,58, pode-se observar que os valores médios do índice de vazios diminuíram em função do aumento da porcentagem de vidro (Figura 3). Este comportamento é devido, principalmente, à quantidade de água adicionada ser suficiente para que o concreto adquirisse uma melhor fluidez, proporcionando, durante a sua mistura, a redução da formação de poros.

Ademais, este comportamento está, possivelmente, relacionado à melhor curva de distribuição granulométrica resultante da mistura do agregado miúdo natural e do resíduo vítreo, e à atividade pozolânica do resíduo vítreo, levando a redução dos

espaços vazios do concreto. Os resíduos vítreos podem funcionar como material pozolânico, reagindo com a portlandita e, posteriormente, há a formação de C-S-H, reduzindo os espaços vazios do concreto.

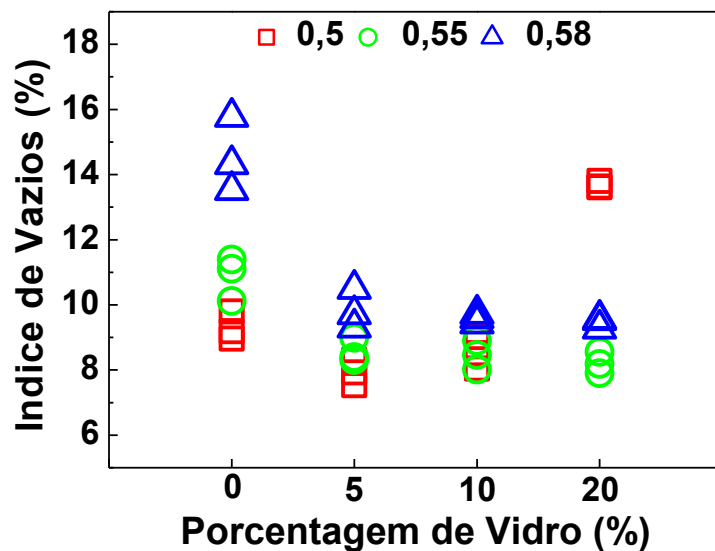


Figura 2 Índice de vazios do concreto para todos os corpos de prova em função da porcentagem de vidro para as três relações a/c.

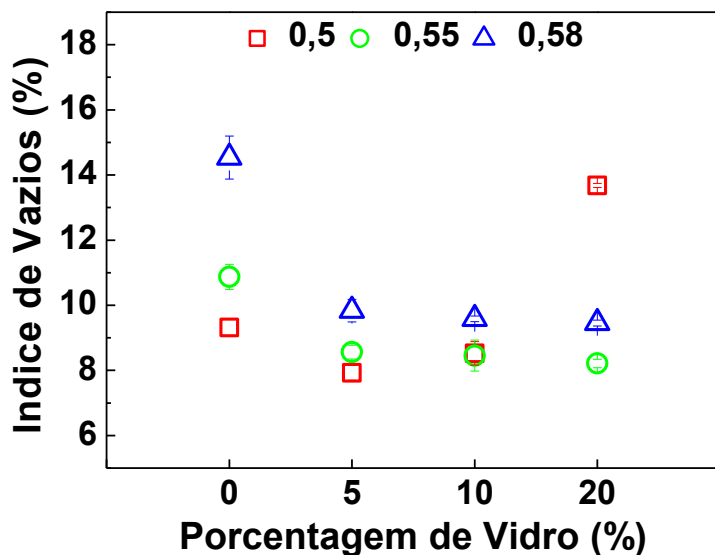


Figura 3. Tendência das médias do índice de vazios do concreto em função da porcentagem de vidro para as três relações a/c.

3.3 Absorção de Água

A Figura 4 apresenta a absorção de água do concreto em função da porcentagem de vidro para as três relações a/c.

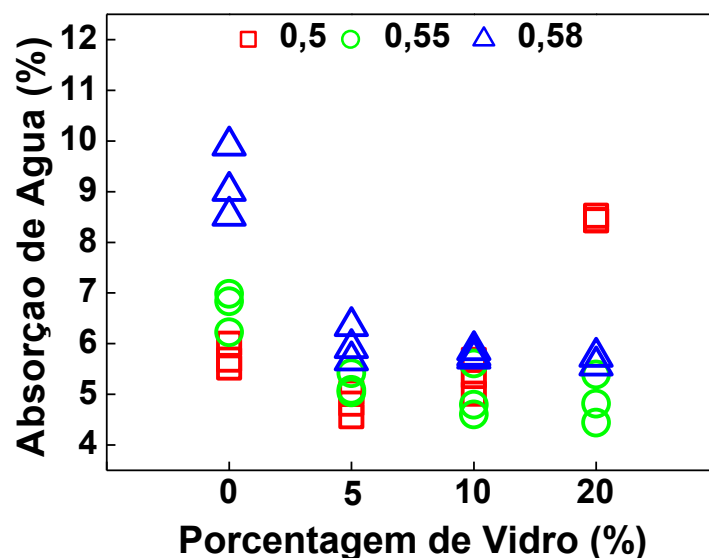


Figura 4. Absorção de água do concreto para todos os corpos de prova em função da porcentagem de vidro para as três relações a/c.

Na Figura 5, pode-se observar a tendência das médias da absorção de água em função da porcentagem de vidro para as três relações a/c. Para as relações a/c 0,55 e 0,58, o aumento da porcentagem de vidro substituída levou a uma redução da absorção de água, provocado pela redução do índice de vazios, como observado na Figura 3.

Entretanto, para a relação a/c 0,50, o aumento da porcentagem de vidro proporcionou uma redução da absorção de água de 0% a 5% de vidro e um aumento da absorção de água de 5% a 20% de vidro. Este comportamento da absorção de água está coerente com o comportamento do índice de vazios da Figura 3. O aumento da relação a/c 0,55 para 0,58 ocasionou um aumento da absorção de água do concreto, devido ao aumento da quantidade de poros gerados.

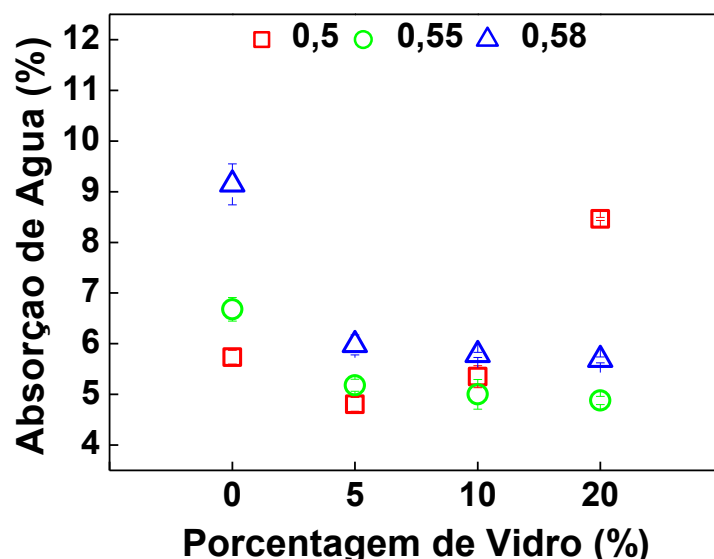


Figura 5. Tendência das médias da absorção de água do concreto em função da porcentagem de vidro para as três relações a/c.

Com base na Figura 6, pode-se observar a correlação linear existente entre a absorção de água e o índice de vazios do concreto, dada pela equação de uma reta com um coeficiente de determinação de 0,99914.

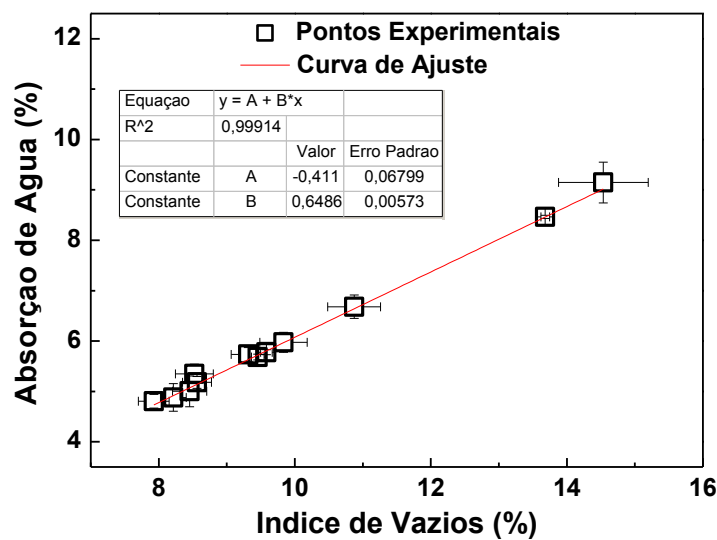


Figura 6. Correlação linear entre a tendência das médias da absorção de água e do índice de vazios do concreto.

3.4 Massa Específica

A influência da porcentagem de vidro e da relação a/c na massa específica do concreto pode ser observada na Figura 7.

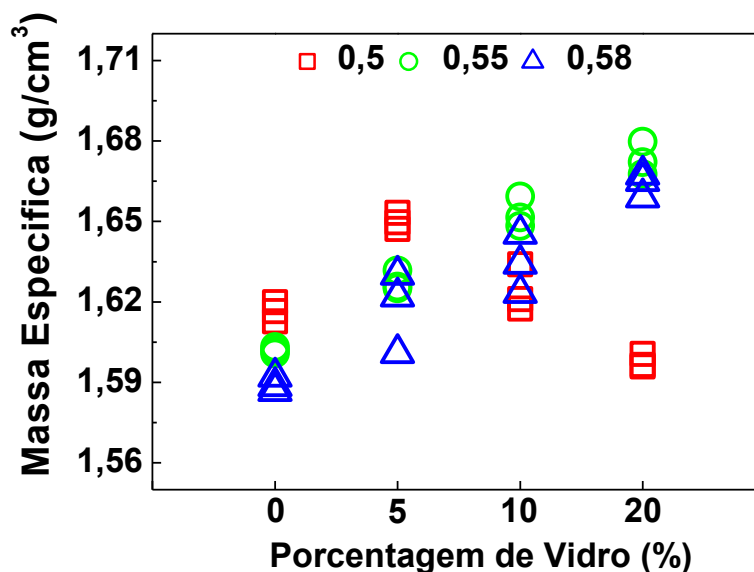


Figura 7. Massa específica do concreto para todos os corpos de prova em função da porcentagem de vidro para as três relações a/c.

A partir do gráfico da Figura 8, pode-se observar a tendência das médias da massa específica em função da porcentagem de vidro para as três relações a/c. O comportamento da massa específica do concreto foi inversamente proporcional ao obtido no índice de vazios, uma vez que quanto maior o índice de vazios do concreto, menor sua massa específica.

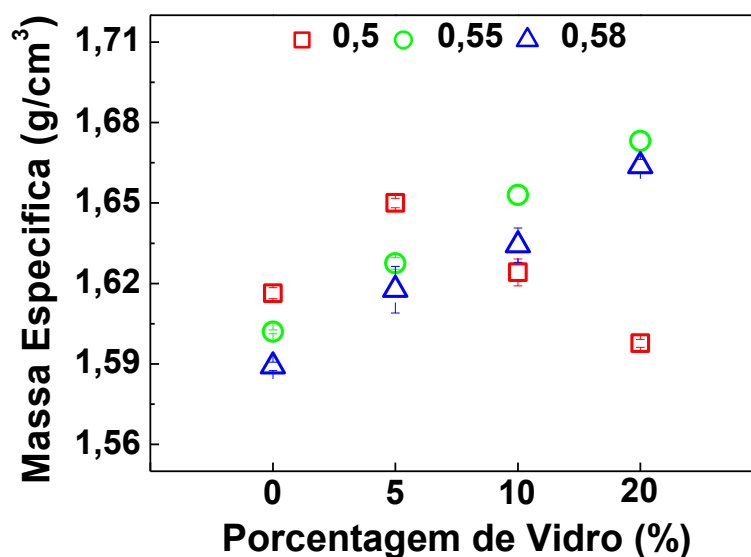


Figura 8. Tendência das médias da massa específica do concreto em função da porcentagem de vidro das três relações a/c.

A Figura 9 evidencia a relação exponencial existente entre a tendência das médias da massa específica e do índice de vazios do concreto, com um coeficiente de determinação de 0,71703.

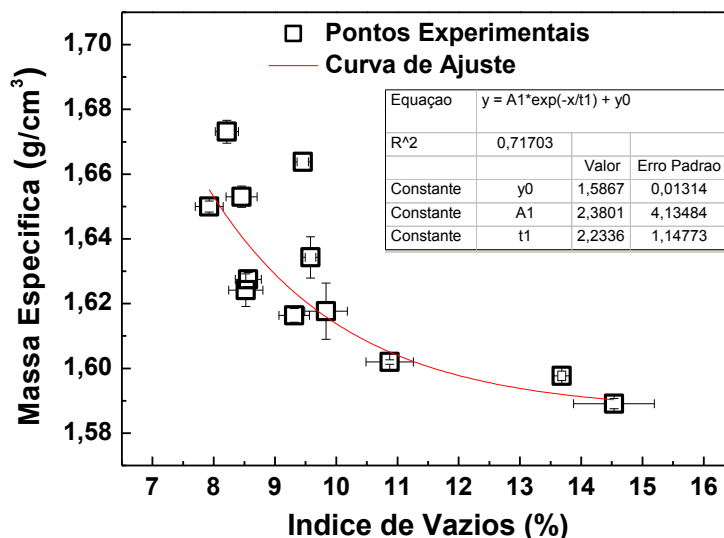


Figura 9. Correlação entre a tendência das médias da massa específica e do índice de vazios do concreto.

A baixa correlação existente entre a tendência das médias da massa específica e do índice de vazios está associada ao fato de que o cálculo da massa específica, conforme a norma NBR 9778⁽⁶⁾, leva em consideração os poros permeáveis (abertos) e impermeáveis (fechados), enquanto que o índice de vazios de acordo com a norma NBR 9778⁽⁶⁾ leva em consideração apenas os poros permeáveis.

Ademais, esta baixa correlação também pode está associada a outros fatores, como, por exemplo: variação da temperatura ambiente, variação da umidade relativa do ar e erros decorrentes de aferições ou medições.

4 CONCLUSÃO

O índice de vazios do concreto diminuiu com o aumento da porcentagem de vidro para as relações a/c 0,55 e 0,58. Entretanto, para relação a/c 0,50 houve uma redução do índice de vazios de 0% a 5% e posteriormente um aumento até a porcentagem de 20% de vidro.

A massa específica e a absorção de água estiveram diretamente relacionadas com o índice de vazios do concreto. O aumento do índice de vazios acarretou um aumento da absorção de água e uma redução da massa específica, o que pôde ser corroborado pelas correlações obtidas entre o índice de vazios do concreto, sua massa específica e absorção de água.

5 REFERÊNCIAS

1. ABETRE. Disponível em: <<http://www.abetre.org.br>>. Acesso em 15 jun. 2011.
2. LÓPEZ, D.A.R.; AZEVEDO, C.A.P. de; BARBOSA Neto, E. Avaliação das propriedades físicas e mecânicas de concretos produzidos com vidro cominuído como agregado fino. **Cerâmica**, v. 51, p. 318-324, 2005.
3. AZEVEDO, C.A. **Avaliação da utilização de vidro cominuído como material agregado ao concreto**. 2002. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia: Energia, Ambiente e Materiais) - Universidade Luterana do Brasil, 2002.
4. MIRANDA JR, E.J.P. **Propriedades físico-mecânicas do concreto de cimento Portland contendo resíduo vítreo como agregado miúdo**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão, 2012.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos ou prismáticos de concreto. Rio de Janeiro: 2003.
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778**: Argamassa e concreto endurecidos - determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro: 2009.
7. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregados para concreto - especificação. Rio de Janeiro: 2009.
8. PARK, S.B.; LEE, B.C.; KIM, J.H. Studies on mechanical properties of concrete containing waste glass aggregate. **Cement and Concrete Research**. v. 34, p. 2181–2189, 2004.

Influence of the waste glass in the physical properties of Portland cement concrete

ABSTRACT

In this work, was studied the influence of the incorporation of waste glass, coming from the thinning and polish stage of a company of thermal glass treatments, in the void content, water absorption and specific gravity of Portland cement concrete. The coarse and ground aggregates used was crushed stone and sand, respectively. For production of the concrete, percentages of waste glass of 5%, 10% and 20% had been used in substitution to the sand, and water/cement ratios (w/c) 0,50, 0,55 and 0,58. The cure of the test bodies was carried through in 28 days. From the results, it was observed the reduction of the void content with the increase of the percentage of waste glass for w/c ratios 0,55 and 0,58. The reduction of the concrete voids content provided the reduction of water absorption and the increase of the specific gravity.

Key-Words: Portland cement concrete, waste glass, fine aggregate, physical properties.