

Influência da cinza de casca de arroz e da cal hidratada na resistência mecânica do solo-cimento auto-adensável endurecido

Rice husk ash and hydrated lime influence on Self-Compacting Soil Cement strength

Influencia de la ceniza de cáscara de arroz y de la cal hidratada en la resistencia del Suelo-Cemento autocompactante

Jérôme Claverie

Aluno de doutorado, UNESP, Brasil
jclaverie.insa@gmail.com

Marco Antonio de Morais Alcantara

Professor Doutor, UNESP, Brasil
alcantar@dec.feis.unesp.br

RESUMO

Este trabalho de pesquisa apresenta um estudo sobre a influência da Cinza de Casca de Arroz – CCA e da Cal Hidratada – CH na resistência mecânica à compressão do Solo Cimento Auto-Adensável – SCAA endurecido. Foram adotadas 18 misturas de SCAA, variando-se as quantidades de água, de cimento, de CCA e de aditivo utilizando parâmetros adequados como base de estudo. A proposta desse estudo visa analisar a ação da CCA, da CH e dos dois materiais conjuntamente na evolução da resistência do SCAA ao longo do tempo. Foi observado um crescimento da resistência mecânica à compressão com o teor de CCA. A ação benéfica da CCA na resistência mecânica a compressão aumentou, em geral, com o teor de cimento na mistura, e através do tempo, com uma estabilização a partir de 84 dias. Um crescimento da resistência do material foi também observado com adição de CH e de CH com CCA. Foram alcançados, aos 28 dias de cura, tensões limites de 7,99 MPa para as misturas sem adições, e de 11,45 MPa com adição de 10% de CCA em relação com a massa de cimento.

PALAVRAS-CHAVE: Solo-cimento. Cinza. Casca de arroz. Cal. Auto-adensável.

ABSTRACT

This paper present a study about the influence of Rice Husk Ash – RHA and Hydrated Lime – HL on the compressive strength of Self-Compacting Soil Cement – SCSC at hardened state. 18 mixes were made by varying the amounts of water, cement, RHA, and agent using appropriate parameters as a baseline. The proposal of this study is to analyze the action of RHA, HL, and both materials on the compressive strength of SCSC over time. An increase of compressive strength with RHA contents was observed. The beneficial action of RHA on the strength of SCSC increased, on average, with the cement content in the mix, and through time, with a stabilization at 84 days of curing. SCSC with addition of HL, and both HL and RHA, also showed an increase of compressive strength After 28 days of curing, ultimate tensile strength of 7.99 MPa for mixes without additions, and 11.45 MPa with ratio RHA:cement of 1:10.

KEYWORDS: Soil-cement. Ash. Rice husk. Lime. Self-compacting.

RESUMEN

Esta investigación presenta un estudio sobre la influencia de la ceniza de cáscara arroz - CCA y de la cal hidratada - CH en la resistencia a la compresión del Suelo-Cemento Autocompactante - CCAC endurecido. Ellos se tomaron 18 mezclas SCAA, variando las cantidades de agua, de cemento de CCA y de aditivos utilizando parámetros apropiados, como referencia para el estudio. El propósito de este estudio es analizar la acción de la CCA, el CH y los dos materiales juntos en la evolución de la resistencia SCAA con el tiempo. Se observó un aumento de la resistencia a la compresión con el contenido CCA. La acción beneficiosa de la CCA en la resistencia a compresión aumentó en general, con el contenido de cemento en la mezcla, y con el tiempo, con una estabilización de 84 días. A la resistencia del material de crecimiento también se observó con la adición de CH y CH con CCA. Se lograron después de 28 días de curado, límites de tensión de 7,99 MPa para las mezclas sin adiciones, y 11,45 MPa con la adición de 10% de CCA en relación con la masa de cemento

PALABRAS CLAVE: Suelo-Cemento. Ceniza. Cáscara de arroz. Cal. Autocompactante.

1 INTRODUÇÃO

Em um mundo onde os recursos são limitados, a construção civil está em perpétua pesquisa de soluções sustentáveis. O desempenho de materiais de construção alternativos e de baixo impacto ambiental se tornou uma linha de pesquisa considerável na Engenharia Civil. A interação entre os produtos cimentantes e os materiais mineralógicos naturais está na base de um novo tema de pesquisa. Assim, solos argilosos podem ser usados em meio cimentício pelos seus efeitos pozolânicos, ou ainda como carga inerte para preencher, em parte, a porosidade aberta (BOUALLA; BENAOUA, 2011).

Muitas pesquisas com o solo-cimento já foram feitas, porém, ainda não se chegou a um traço ideal e ainda está longe de se alcançar o traço perfeito deste material. Isto se deve, principalmente, ao fato do solo ser um material muito diverso, pois cada solo possui suas características e particularidades, o que difere de outros materiais como o concreto, por exemplo, que, confeccionados com controle tecnológico, garantem as propriedades desejadas para cada fim (BERTE, 2012).

O solo cimento estudado nessa pesquisa difere do Solo-Cimento Compactado – SCC utilizado na construção. O SCAA tem uma trabalhabilidade permitindo um adensamento pelo seu próprio peso e tem um interesse particular na estabilização dos solos e nas fundações. Para o SCAA, Horpibulsuk (2003) apresentou o parâmetro água-cimento como o parâmetro de referência para o valor da resistência mecânica, sendo o teor de água alto o suficiente para que este tivesse relação com a quantidade de vazios no solo. Segundo Horpibulsuk (2011), embora o teor de água da argila reflita a micro-estrutura da argila mole, o teor de cimento influencia o nível de ligação do referido tecido. Ainda segundo Horpibulsuk (2011), uma das técnicas mais eficaz de estabilização do solo é aquela chamada de Deep Soil Mixing – DSM. Esse método, largamente utilizado em geotécnica, tanto para o reforço quanto para a impermeabilização dos solos. Carsana e Bertolini (2012) desenvolveram um lodo de solo-cimento como material de preenchimento das cavidades de uma mina de gipsita desativa e inundada por água sulfatada. Várias misturas foram realizadas com consistências diferentes a fim de determinar as propriedades reológicas adequadas para a realização do preenchimento. Berte (2012) realizou um estudo sobre a otimização e o comportamento do SCAA utilizando um solo Podzólico Vermelho Amarelo, muito comum na região Oeste do Estado de São Paulo e em diversas outras regiões do Centro Sul do Brasil. Esse trabalho permitiu-se ter uma abordagem geral do papel dos finos desse solo e do cimento frente à água. Trata-se dos fenômenos de coesão, de dispersão das partículas de solo, de fluidez, de homogeneidade, de exsudação e de segregação que são próprios a um comportamento auto-adensável.

Horpibulsuk (2009) observou, a partir da microestrutura e dos resultados dos ensaios de resistência, que a reatividade pozolânica da cinza volante é mínima no solo-cimento, diferentemente dos resultados obtidos na tecnologia do concreto, concluindo que isso pudesse ser devido a uma menor quantidade de $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Ainda segundo Horpibulsuk (2009), o papel da cinza na estabilização do SCAA é de dispersar os grandes grupos de solo-cimento em grupos menores, gerando assim um crescimento das superfícies em reação com a água e, consequentemente, dos produtos cimentantes.

Nessa pesquisa, foi avaliada a resistência à compressão mecânica do SCAA endurecido, observando a influência da CCA e comparando com traços de referência.

2 MATERIAIS

O solo utilizado na pesquisa é um Argisolo, de acordo com a classificação de solos apresentada pela EMBRAPA (2006), bastante utilizado nas pesquisas desenvolvidas na UNESP de Ilha

Solteira – SP. Segundo a HRB (1945), trata-se de um solo A₄. Ele é facilmente encontrado na região Oeste do Estado de São Paulo e também em diversas outras regiões do Centro Sul do Brasil e este foi um dos motivos de optar-se por estudá-lo. Uma análise granulométrica desse solo apresentada na Tabela 1 foi realizada segundo a NBR 7181 (ABNT, 1988). Os limites de liquidez e de plasticidade, de 25,4 e 17,8, foram realizados segundos as NBR 6459 (ABNT, 1988) e NBR 7180 (ABNT, 1984). O índice de plasticidade desse solo é de 7,6.

Tabela 1 – Granulometria do solo

| Abertura da peneira (mm) | Massa retida (%) |
|--------------------------|------------------|
| 2,0 | 0,00 |
| 0,800 | 0,14 |
| 0,420 | 1,09 |
| 0,250 | 5,44 |
| 0,150 | 15,19 |
| 0,104 | 21,60 |
| 0,075 | 27,73 |

O cimento utilizado na pesquisa foi o CP II-Z 32. Trata-se de um cimento composto, com adição de pozolana que varia de 6% a 14% em massa. Esse cimento é regulamentado pela NBR 11578 (ABNT, 1991).

A caracterização granulométrica da areia utilizada foi apresentada na tabela 2 foi realizada segundo a norma NBR 7217 (ABNT, 1987).

Tabela 2 - Granulometria da areia

| Abertura da peneira (mm) | Massa retida (%) |
|--------------------------|------------------|
| 4,75 | 0,00 |
| 2,36 | 1,8 |
| 1,18 | 8,8 |
| 0,600 | 15,4 |
| 0,300 | 51,3 |
| 0,150 | 19,5 |
| 0,075 | 3,3 |

A cinza de casca de arroz utilizada para esse estudo é a SILSCA NOBRE SCI, produzida pela empresa SVA SILICA VERDE DO ARROZ LTDA de Alegrete, RS. Ela se classifica como pozolana de Classe N, segundo a NBR 12653 (ABNT, 1992).

As exigências químicas dessa cinza são apresentadas na Tabela 3

Tabela 2 – Exigências químicas da CCA

| Substância | Sílica Amorfa (SiO ₂) | Sílica Cristalina (SiO ₂) | Óxido de sódio (Na ₂ O) | Carbono total (C) | Umidade (H ₂ O) |
|------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------|----------------------------|
| Composição química (%) | ≥ 90,0 | ≤ 2 | ≤ 1,5 | ≤ 6,0 | ≤ 3,0 |

Fonte: SVA (2013)

As exigências físicas são especificadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Exigências físicas da CCA

| Diâmetro médio | Resíduo na peneira 45 μm | pH | Perda ao Fogo | Massa específica aparente | Área específica B.E.T. |
|---------------------|-------------------------------------|-------------|---------------|-----------------------------|---------------------------|
| < 8,0 μm | $\leq 10,0\%$ | $\leq 10,0$ | $\leq 3,5\%$ | 550 – 600 kg/m ³ | 20.000 m ² /kg |

Fonte: SVA (2013)

A cal utilizada nessa pesquisa é a Cal Hidratada CH III Itaú, produzida pela empresa Votorantim Cimentos. Essa CH atende aos requisitos técnicos da norma NBR 7175 (ABNT, 2003). As exigências químicas e físicas foram expostas nas Tabelas Tabela 4 e Tabela 5.

Tabela 4 – Exigências químicas da CH

| Compostos | Anidrido carbônico (CO ₂) | Óxidos de cálcio e magnésio não hidratado calculado (CaO+MgO) | Óxidos totais na base de não-voláteis (CaO _t +MgO _t) |
|-----------|---------------------------------------|---|---|
| Limites | $\leq 15 \%$ | $\leq 15 \%$ | $\geq 88 \%$ |

Fonte: ABNT (2013)

Tabela 5 – Exigências físicas da CH

| Retido acumulado na peneira de 0,600 mm | Retido acumulado na peneira de 0,075 mm | Retenção de água | Incorporação de areia | Plasticidade |
|---|---|------------------|-----------------------|---------------|
| $\leq 0,5 \%$ | $\leq 15 \%$ | $\geq 70 \%$ | $\geq 2,2 \%$ | $\geq 110 \%$ |

Fonte: ABNT (2013)

O aditivo líquido utilizado nessa pesquisa é o superplastificante Sika ViscoFlow 20. Segundo SIKA (2014). Esse produto atende aos requisitos da norma NBR 11768 (ABNT, 2011) nos tipos SP-I N – 0,3 à 1,05% sobre o peso de aglomerantes, e SP-II N – 1,1 à 2,5% sobre o peso de aglomerantes.

Foi utilizada água da torneira do Laboratório Central de Engenharia Civil da UNESP de Ilha Solteira em todos os experimentais.

3 MÉTODOS

18 misturas foram provadas durante esse estudo sem mudar a quantidade de solo. Um estudo anterior de Alcantara e Claverie (2013) sobre a influência da granulometria do solo sobre o comportamento do SCAA foi feita com os mesmos materiais. Esse mostrou que as misturas realizadas com um solo apresentando 10% de areia substituída mostraram o melhor compromisso entre inércia e forças de atrito, proporcionando a melhor homogeneidade e uma estabilização fluxo além de aumentar a resistência à compressão. Assim, 10% da massa do solo foi substituída por areia nesse estudo. Segundo a Berte (2012), a relação água/materiais secos tem uma maior influência sobre a trabalhabilidade do que a relação água/cimento. Afim de trabalhar em condições de trabalhabilidade parecidas para cada mistura, a relação água/materiais secos foi fixada a 0,30 e o teor de superplastificante foi aumentado em relação com o teor de cimento nas misturas. As composições das misturas são sumarizada na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

As misturas foram batidas numa betoneira seguindo um plano padrão de maneira a reproduzir as mesmas condições de homogeneidade.

No estado endurecido, após ter sido lixados, ensaios de resistência à compressão axial foram realizados aos 7, 28, 56 e 84 dias em corpos-de-prova cilíndricos de 10 centímetros de altura e 5 centímetros de diâmetro. Foram adotados 5 corpos-de-prova para cada mistura desse estudo. Os ensaios de resistência à compressão axial foram executados seguindo as orientações da NBR 12025 (ABNT, 2012), através do equipamento EMIC DL30000.

Tabela 6 – Composições das misturas

| Mistura | c/s (%) | CCA/c (%) | CH/c (%) | a/c | sp/cimento (%) |
|----------|---------|-----------|----------|------|----------------|
| M1-R | 26,7 | 0 | 0 | 1,42 | 1,75 |
| M1-1a | 26,7 | 5 | 0 | 1,44 | 1,75 |
| M1-2a | 26,7 | 7,5 | 0 | 1,45 | 1,75 |
| M1-3a | 26,7 | 10 | 0 | 1,45 | 1,75 |
| M1-1b | 26,7 | 0 | 5 | 1,44 | 1,75 |
| M1-1a-1b | 26,7 | 5 | 5 | 1,45 | 1,75 |
| M2-R | 30,0 | 0 | | 1,30 | 1,60 |
| M2-1a | 30,0 | 5 | | 1,32 | 1,60 |
| M2-2a | 30,0 | 7,5 | | 1,32 | 1,60 |
| M2-3a | 30,0 | 10 | | 1,33 | 1,60 |
| M2-1b | 30,0 | 0 | 5 | 1,33 | 1,60 |
| M2-1a-1b | 30,0 | 5 | 5 | 1,32 | 1,60 |
| M3-R | 33,3 | 0 | | 1,20 | 1,48 |
| M3-1 | 33,3 | 5 | | 1,21 | 1,48 |
| M3-2 | 33,3 | 7,5 | | 1,22 | 1,48 |
| M3-3 | 33,3 | 10 | | 1,23 | 1,48 |
| M3-1b | 33,3 | 0 | 5 | 1,21 | 1,48 |
| M3-1a-1b | 33,3 | 5 | 5 | 1,23 | 1,48 |

*a: água; c: cimento; s: solo; sp: superplastificante

4 RESULTADOS

As médias das resistências em compressão obtidas aos 7, 28, 56 e 84 dias foram apresentadas na Tabela 6.

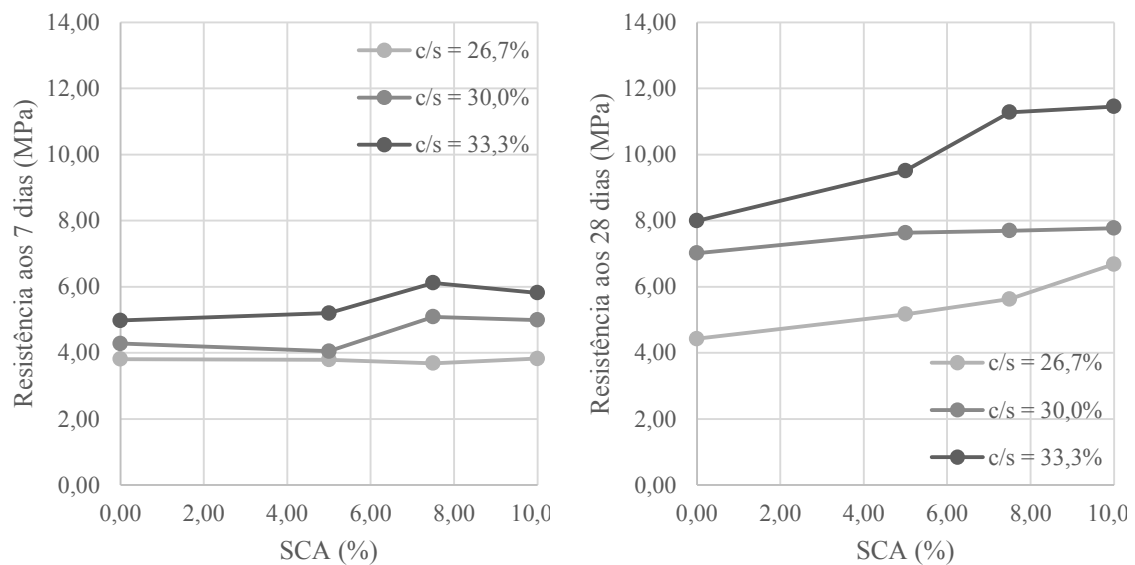
Tabela 7 – Resistências em compressão axial aos 7, 28, 56 e 84 dias

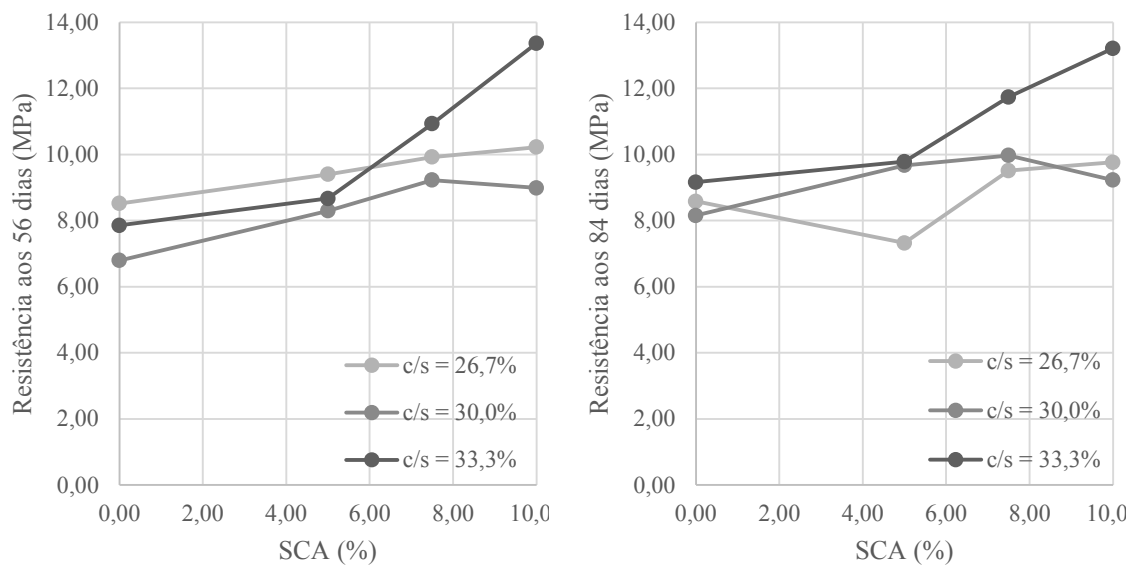
| Mistura | Resistência compressão axial 7 dias (MPa) | Resistência compressão axial 28 dias (MPa) | Resistência compressão axial 56 dias (MPa) | Resistência compressão axial 84 dias (MPa) |
|---------|---|--|--|--|
| M1-R | 3,81 | 4,42 | 8,51 | 8,58 |
| M1-1a | 3,79 | 5,17 | 9,40 | 7,32 |
| M1-2a | 3,68 | 5,62 | 9,92 | 9,51 |
| M1-3a | 3,82 | 6,68 | 10,22 | 9,76 |
| M1-1b | 3,59 | 5,37 | 7,80 | 6,73 |

| | | | | |
|----------|------|-------|-------|-------|
| M1-1a-1b | 3,32 | 5,62 | 8,72 | 8,70 |
| M2-R | 4,28 | 7,01 | 6,79 | 8,15 |
| M2-1 | 4,04 | 7,63 | 8,29 | 9,67 |
| M2-2 | 5,09 | 7,69 | 9,23 | 9,97 |
| M2-3 | 4,99 | 7,77 | 8,98 | 9,23 |
| M2-1b | 3,65 | 8,58 | 8,18 | 8,85 |
| M2-1a-1b | 3,82 | 8,69 | 9,34 | 11,74 |
| M3-R | 4,98 | 7,99 | 7,85 | 9,16 |
| M3-1 | 5,20 | 9,51 | 8,67 | 9,78 |
| M3-2 | 6,11 | 11,28 | 10,93 | 11,74 |
| M3-3 | 5,81 | 11,45 | 13,36 | 13,21 |
| M3-1b | 5,26 | 9,26 | 9,95 | 9,32 |
| M3-1a-1b | 5,24 | 10,35 | 10,51 | 10,60 |

No primeiro tempo, foram analisados os resultados de resistência com adição de 5%, 7,5% e 10% de CCA em relação com a mistura de referência. Em um segundo tempo, foram explorados os resultados de resistência com adição de CH e de CH com CCA.

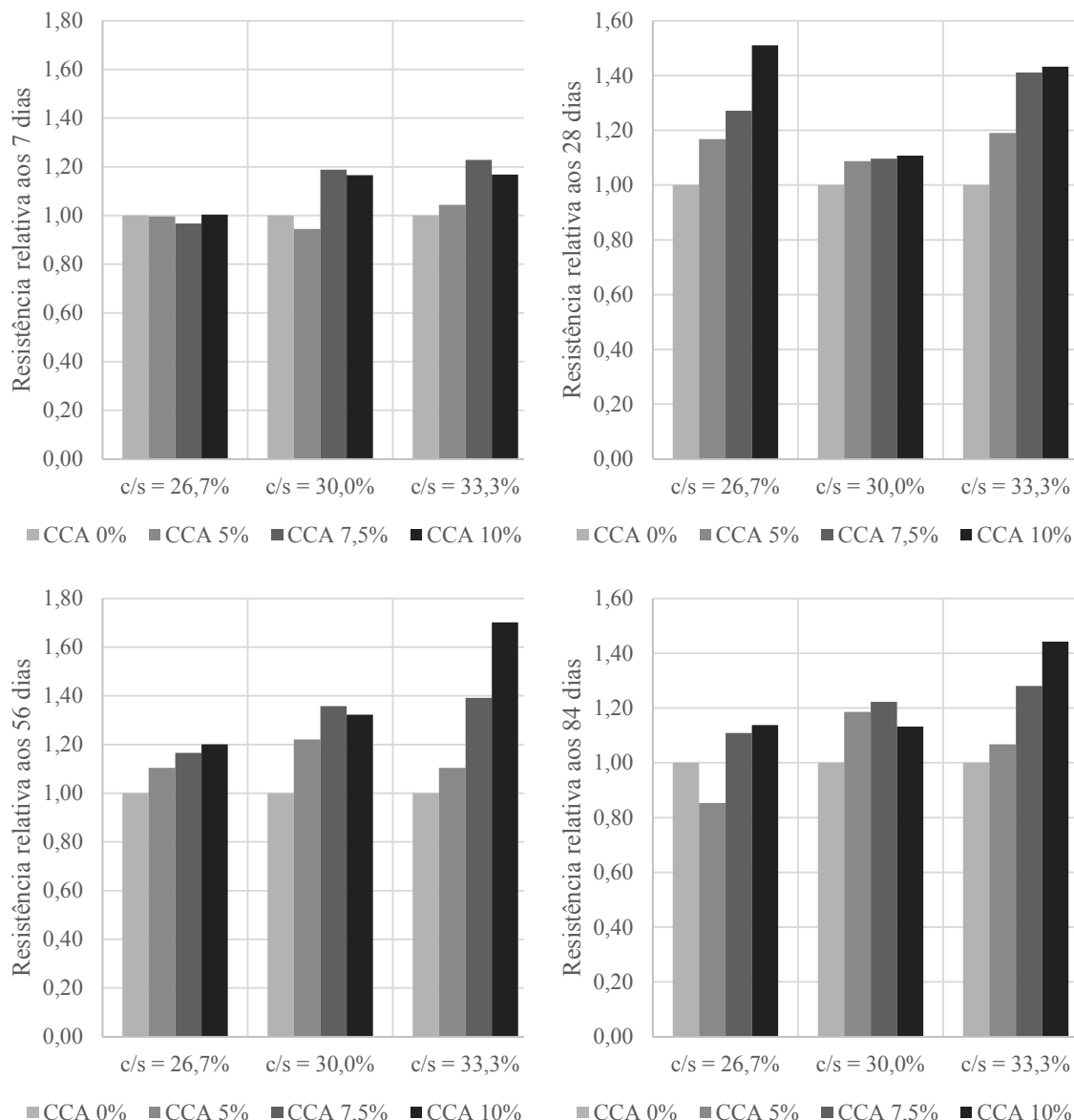
Figura 1 – Evolução da resistência em compressão mecânica em função da relação CCA/cimento (%)





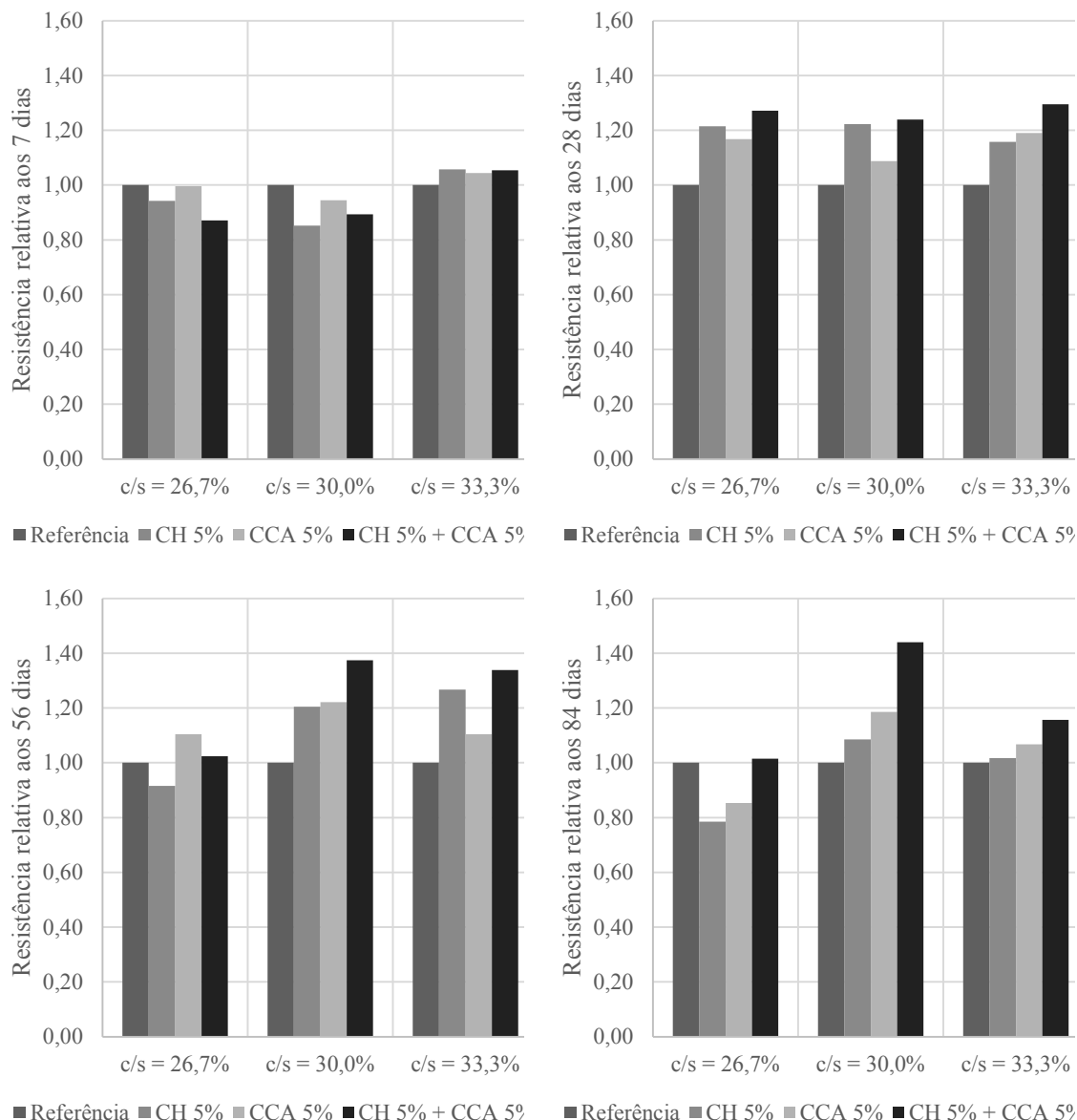
Segundo a Figura 1, a taxa de crescimento da resistência com o teor de CCA adicionado à mistura é positiva em quase todos os casos. A diminuição observada aos 84 dias para $c/s = 26,7\%$ e 5% de CCA pode ser devido a perturbações externas no momento da homogeneização da mistura. Observa-se que o crescimento da resistência com a CCA começa a ser efetivo aos 7 dias para $c/s = 30,0$ e $c/s = 33,3$, mas atinge taxas considerável a partir dos 28 dias. Aos 56 e 84 dias, observa-se taxas de crescimento muito importante entre 5% e 10% de CCA adicionada, para $c/s = 33,3$. As resistências relativas das misturas estão apresentadas na Figura 2, obteve-se taxa de crescimento da resistência de até 43% aos 28 dias para $c/s = 26,7\%$ com a adição de 10% de CCA e de 70% aos 56 dias para $c/s = 33,3\%$ com a mesma adição. Obteve-se, por % de CCA adicionada, aos 7, 28, 56 e 84 respectivamente, taxas médias de crescimento da resistência de 1,1%, 3,4%, 3,8 e 2,1% com adição de 10% de CCA. Esse resultado expressa a forte contribuição da CCA na resistência com o tempo de cura a partir dos 28 dias e sua estabilização para idades maiores.

Figura 2 – Evolução da resistência em compressão relativa em função da adição de CCA



Observa-se na Figura 3 a influência da CH no crescimento da resistência em compressão começa a ser efetiva a partir dos 28 dias de cura e, como pela CCA, é maior, de maneira geral, por c/s = 30,0% e 33,3%. Tem também, na maioria dos casos, a CH e a CCA combinam para aumentar a resistência do SCAA. Uma diminuição da resistência em relação com a mistura de referência ocorreu aos 84 dias para c/s = 26,7% e 5% de CH adicionado, da mesma forma que foi observado pela CCA, tal resultado pode ser devido a perturbações exteriores no momento da homogeneização da mistura.

Figura 3 – Evolução da resistência em compressão relativa em função da adição de CCA e de CH



Aos 28 dias, obteve-se um crescimento máximo de 22% com adição de 5% de CH. As taxas médias por % de aglomerante adicionado aos 7, 28, 56 e 84 foram, respectivamente de -1,0%, 4,0%, 2,6% e -0,8% entre 0 e 5% de CH adicionada e de -0,1%, 3,0%, 2,9% e 0,7% entre 0 e 5% de CCA adicionada e de -0,6%, 2,7%, 2,5% e 2,0% com adição de 5% dos dois aglomerantes. Pode-se ver que a atuação da CH acontece mais cedo com uma taxa maior aos 28 dias mas que a atuação no tempo da cinza é melhor. A combinação dos dois aglomerantes tem também um efeito positivo na mistura não negável com um valor máximo do aumento de resistência de 44% aos 84 dias com c/s = 30,0%.

CONCLUSÕES

A CCA tem um papel determinante na resistência à compressão mecânica do SCAA através do tempo a partir dos 28 dias em média e a partir de 7 dias para os teores de cimento maiores –

$c/s = 30,0\%$ e $33,3\%$. Assim, foram alcançados, aos 28 dias de cura, tensões limites de 7,99 MPa para as misturas sem adições, e de 11,45 MPa com adição de 10% de CCA em relação com a massa de cimento. Essa influência aumenta globalmente com o teor de cimento e com a idade do material, mas parece diminuir aos 84 dias. Neste trabalho, a CCA apresentando características pozolânicas muito boas, poderia ter criado atividade pozolânica no material responsável pelo crescimento da sua resistência mecânica. Da mesma forma, a CH mostrou uma atuação positiva na resistência da mistura de SCAA seca a partir dos 28 dias e, em geral, com teores de cimento maiores – $c/s = 30,0\%$ e $33,3\%$. Observou-se também, na maioria dos casos, um crescimento da resistência mecânica do material com a adição de CCA e de CH conjuntamente e através do tempo. A CCA mostrou uma melhor atuação que a CH no material após 84 dias, com uma resistência de 13,21 MPa para $c/s = 33,3\%$ e uma adição de 10% de CCA. De maneira geral, as maiores taxas de crescimento da resistência foram observadas aos 28 e 56 dias, um valor máximo de 13,36 MPa foi obtido aos 56 dias para $c/s = 33,3$ e com adição de 10% de CCA.

REFERENCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 6459**: solo - determinação do limite de liquidez – método de ensaio. Rio de Janeiro, 1984. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 7175**: cal hidratada para argamassas – requisitos. Rio de Janeiro, 2003. 4 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 7180**: solo - determinação do limite de plasticidade - método de ensaio. Rio de Janeiro, 1984. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 7181**: solo - análise granulométrica - método de ensaio. Rio de Janeiro, 1988. 13 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 7217**: agregados - determinação da composição granulométrica Rio de Janeiro, 1987. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 11578**: cimento Portland composto. Rio de Janeiro, 1991. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 11768**: aditivos químicos para concreto de cimento Portland – requisitos. Rio de Janeiro, 2011. 19 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 12025**: solo-cimento - ensaio de compressão simples de corpos-de-prova cilíndricos – método de ensaio. Rio de Janeiro, 2012. 2 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 12653**: materiais pozolânicos – especificação. Rio de Janeiro, 1992.

ALCANTARA, M. A. M.; CLAVERIE, J. Estudo do solo-cimento autoadensável a partir da incorporação de agregado miúdo como parte da composição. In: 56 Congresso Brasileiro do Concreto, 2014, Natal RN. 56 Congresso Brasileiro do Concreto. São Paulo: IBRACON, 2014. v. 1.

BERTE, S. D. D. **Otimização do solo-cimento auto-adensável**. 2012. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2012. Disponível em: <

http://base.repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/91444/berte_sdd_me_ilha.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 14 ago. 2015.

BOUALLA, N.; BENAOUA, E. H. Comportement des argiles dans un milieu basique. **ScienceLib**, v. 3, n. 110708, 2011

CARSANA, M.; BERTOLINI, L. Fluidized soil–cement mixes for backfilling of flooded cavities. **Materials and Structures, Rilem**, v. 45, n. 1-2, p. 53-65, 2012.

HORPIBULSUK, S.; RACHAN, R.; RAKSACHON, Y. Role of fly ash on strength and microstructure development in blended cement stabilized silty clay. **Soils and Foundations**, Tokyo, v. 49, n. 1, p. 85-98, 2009.

HORPIBULSUK S.; RACHAN R.; SUDDEEPPONG, A. Assessment of strength development in blended cement admixed Bangkok clay. **Construction & Building Materials**, Amsterdam, v. 25, n. 4, p. 1521-1531, 2011.

SIKA. **Ficha do produto Sika ViscoFlow 20**. 2014. Disponível em: <http://bra.sika.com/dms/getdocument.get/08502c14-6b8b-3bd5-bb35-d17b2cf7e571/sika_viscoflow_20.pdf>. Acesso em: 21 sete 2015.

SVA. **FISPQ SILSCA NOBRE SCI**. 2013. Disponível em: <<http://www.pileconobre.com.br/doc/FISPQ.pdf>>. Acesso em: 15 sete 2015.