

Revisão teórica sobre o teor de filler calcário nas propriedades do CAA

Theoretical review of the limestone filler content in CAA properties

RESUMO

O concreto autoadensável (CAA) surgiu como uma solução tecnológica para problemas relacionados à etapa de adensamento para execução de estruturas com alta densidade de armaduras. O CAA é caracterizado por sua fluidez no interior das fôrmas, não impedindo o fluxo ou segregando, e por sua resistência à segregação. O filler calcário é uma adição que tem como principais objetivos o preenchimento de vazios e a retenção de água. Neste trabalho, foi realizada uma análise teórica de quatro trabalhos relacionados à utilização de filler calcário no CAA, com o intuito de verificar os efeitos de diferentes teores dessa adição nas propriedades do CAA. Com isso, teoricamente, concluiu-se que, no geral, a adição de filler calcário (em diferentes teores) impacta positivamente nas propriedades do CAA, sendo que resultou em aceleração do processo de hidratação do C_3S , aumento da coesão e da viscosidade, e melhora da resistência mecânica e à tração. Verificou-se também que o teor máximo de filler calcário aceitável é alcançado ao atingir o limite de viscosidade.

PALAVRAS-CHAVE: Adição. Segregação. Viscosidade. Concreto autoadensável.

ABSTRACT

Self-compacting concrete (CAA) emerged as a technological solution to problems related to the stage of densification for the execution of structures with high reinforcement density. CAA is characterized by its fluidity inside the molds, not impeding the flow or segregating, and by its resistance to segregation. The limestone filler is an addition that has as main objectives the filling of voids and the retention of water. In this work, a theoretical analysis of four works related to the use of limestone filler in the CAA was carried out, in order to verify the effects of different contents of this addition on the properties of the CAA. It is theoretically concluded that, in general, the addition of limestone filler (in different contents) positively impacts the properties of the CAA, resulting in acceleration of the hydration process of C_3S , increase in cohesion and in viscosity, and improvement of mechanical and tensile strength. It was also found that the maximum acceptable limestone filler content is reached when reaching the viscosity limit.

KEYWORDS: Addition. Segregation. Viscosity. Self-compacting concrete.

Amanda Pereira Correia
amanda_pereira@hotmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil

Carlos Eduardo Tino Balestra
carlosbalestra@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil

Eduarda da Rocha Danner
eduardadanner@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil

Rafaela Caroline Daga
rafaeladaga@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil

Recebido: 19 ago. 2020.

Aprovado: 01 out. 2020.

Direito autorial: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

O concreto é definido como um composto bifásico, obtido a partir da mistura de um aglomerante hidráulico (cimento), agregados e água, que ao ser hidratado resulta em um bloco monolítico. Esse bloco divide-se em duas fases: a pasta, mistura de água e cimento, e os agregados graúdos e miúdos (brita e areia respectivamente). Em seu estado fresco adquire propriedades de liga, uma vez que nesse período é possível efetuar seu manuseio, transporte, lançamento e adensamento. Ao encerrar essa fase, o concreto passa a perder suas características de plasticidade, iniciando uma nova etapa e finalizando o tempo de início de pega. Quando endurecido, o concreto possui a característica fundamental de ser resistente à água e, principalmente a esforços de compressão. (COUTO et al., 2013).

O adensamento é um procedimento fundamental, que pode ser manual ou vibratório, e é utilizado para compactar o concreto convencional (CCV), ocasionando a saída de ar aprisionado, visto que a presença de vazios interfere negativamente em sua resistência (SOBRAL, 2000). No CAA, que é composto pelos mesmos materiais de um concreto convencional, porém com adições de materiais finos (como filler calcário) e superplastificantes, o adensamento do concreto acontece pela ação do peso próprio dos materiais, portanto independe da ação humana (TUTIKIAN e DAL MOLIN, 2008). Neste ponto, Calado et al. (2015) afirmam que a utilização do CAA diminui ruídos (eliminação dos vibradores de concreto), reduz mão de obra e equipamentos necessários, torna possível o bombeamento por longas distâncias (tanto verticais quanto horizontais), atingindo locais de difícil acesso para realização de adensamento e com alta taxa de armadura, além de minimizar os custos relativos à energia, diminuir o tempo de construção, e impactar positivamente na sustentabilidade.

O presente trabalho visa realizar uma análise teórica sobre os efeitos do teor de filler calcário no concreto autoadensável através de uma revisão de trabalhos encontrados na literatura.

REVISÃO DA LITERATURA: BREVE HISTÓRICO E DEFINIÇÕES

O CAA surgiu no Japão, e foi apresentado pelo professor Hajime Okamura, da Universidade de Tecnologia de Kochi, em 1986, como uma possibilidade de sanar diversos problemas, principalmente dificuldades no processo de adensamento por conta de obras estruturais com elevada densidade de armadura e escassez de mão-de-obra qualificada, proporcionando qualidade e durabilidade, sem a ocorrência de segregação ou exsudação (VIEIRA, 2017). Suas propriedades são formadas a partir da utilização de aditivos superplastificantes que possuem a base composta por policarboxilatos, permitindo ao CAA alta fluidez, mantendo a homogeneidade e a viscosidade, embora tenha uma baixa relação água/cimento e também devido a presença de uma quantidade maior de finos (partículas $\leq 0,125\text{mm}$) (CALADO et al., 2015).

O concreto será considerado autoadensável se, concomitantemente, forem atingidas as seguintes características: fluidez (capacidade de fluir dentro da fôrma e preencher todos os vazios), habilidade passante (capacidade de escoar pela fôrma e passar entre as armaduras de aço, não impedindo o fluxo

ou segregando), e resistência à segregação (capacidade de manter a coesão dentro das fôrmas) (EFNARC, 2002 *apud* TUTIKIAN e DAL MOLIN, 2008). Contudo, no Brasil o CAA ainda não é muito utilizado, havendo poucos registros de sua aplicação. No Japão em 2000, seu uso correspondeu a 0,15% do concreto usinado e 0,55% dos pré-fabricados. (OKAMURA e OUCHI, 2003 *apud* MELO, 2005).

Conforme Melo (2005), as adições são elementos de origem mineral que passam por um processo de moagem até se tornarem finos, e são adotados na produção do concreto, com o intuito de substituir o cimento (quando o material fino é reativo) ou a areia (quando o material fino é inerte); no CAA as adições constituem cerca de 30% da composição comumente (METHA e MONTEIRO, 1994 *apud* MELO, 2005). Um exemplo de material fino inerte é o filler calcário, que é um pó fino originado da rocha calcário; sua aplicação se dá por conta de algumas vantagens como o empacotamento de partículas (preenchimento de vazios) e a retenção de água, resultando em menor permeabilidade, maior densidade e coesão, e impactando positivamente na resistência à compressão e na durabilidade (VIEIRA, 2017).

No concreto autoadensável, o filler pode ser aplicado com os mesmos propósitos, além de ser constatado que a incorporação de adições minerais leva à redução da porosidade da microestrutura do CAA, principalmente na zona de transição na interface pasta/agregado (SUA-IAM e MAKUL, 2013; BARBHUIYA, 2011; MOHAMMED; DAWSON e THOM, 2013 *apud* VIEIRA, 2017).

MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados no presente trabalho foram dissertações e uma monografia publicadas na literatura entre os anos 2006 e 2017, encontrados na base científica do sciencedirect.com e no scholar.google.com.br.

Foram determinadas as referências bibliográficas através de pesquisas com os termos “propriedades do concreto”, “estudo sobre concreto autoadensável”, “concreto autoadensável com adição de filler calcário”, e “métodos de dosagem para CC e CAA”. Desta forma, foram selecionados quatro trabalhos para análise relacionada aos seus resultados e observações. Em seguida foi realizado um comparativo entre eles de acordo com o que será descrito no item resultados e discussões. As referências selecionadas foram:

- VIEIRA, S. P. Propriedades do concreto autoadensável com diferentes tipos de adições. 2017. 141 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília. Março de 2017.
- FIORENTIN, T. R. Influência do aditivo modificador de viscosidade e do fíler calcário no comportamento de pastas e argamassas de concreto auto-adensável. 2011. 66 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco. Novembro de 2011.
- SANTOS, V. C. D. Estudo de argamassa autoadensável com fíler calcário e cinza do bagaço de cana-de-açúcar. 2016. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá. Setembro de 2016.

- KRAUS, Z. F. Investigação de misturas de argamassas para dosagem de concreto auto-adensável contendo ora fíler calcário, ora aditivo promotor de viscosidade em substituição ao fíler. 2006. 154 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Setembro de 2006.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estudos mostraram que ao substituir aproximadamente 33% do cimento por filler calcário em concreto autoadensáveis com resistência à compressão de 50 a 60 Mpa, com o consumo de cimento de 450 kg/m³, surgiram maiores parcelas de Ca(OH)₂ e CaCO₃ na zona de transição e na pasta de cimento, o que resulta na aceleração do processo de hidratação do C3S (MOHAMMED; DAWSON e THOM, 2013 *apud* VIEIRA, 2017).

Ao analisar a pesquisa de Vieira (2017) com relação ao CAA no estado fresco nota-se que com 10% de substituição do cimento por filler calcário, existe maior dificuldade em controlar sua resistência à segregação. Porém, com o aumento desse teor (20, 30 e 40%), a resistência à segregação foi crescente, o que o tornou mais coeso. O mesmo também foi observado no trabalho de Fiorentin (2011), em relação à eficiência no controle de exsudação e segregação, e no aumento da homogeneidade e coesão após a adição de filler calcário (variando de 10 a 50% de substituição do cimento). Fiorentin (2011) constatou que a adição melhora o empacotamento dos grãos, aumentando a resistência mecânica.

Conforme Santos (2016), quanto maior a adição de filler calcário calcítico menor é o espalhamento do material, pois aumenta a viscosidade e conseqüentemente diminui a fluidez. Seu acréscimo também resultou em um pequeno aumento na resistência à tração, e assim como nos estudos citados anteriormente, também elevou coesão, a partir do preenchimento de vazios.

Na pesquisa de Kraus (2006) verificou-se que os teores de filler calcário variam de acordo com a porcentagem de areia, relação água/cimento e teor de aditivo superplastificante (SP). O teor máximo de filler é alcançado quando se chega ao limite de viscosidade (a partir disso não é possível obter um CAA), com quantidades fixas dos outros componentes, todavia, em nenhuma das referências citadas um teor de limite máximo foi apresentado, demonstrando a necessidade de estudos nesta área. Em argamassas com saturação de teor de aditivo SP, crescente relação a/c e com 40% de areia, as porcentagens aceitáveis de filler foram de 25, 35, 45 e 55%; já com 50% de areia, apenas obteve-se o CAA com 25 e 35% de filler (KRAUS, 2006). O Quadro 1 apresenta uma comparação entre os resultados obtidos.

Tabela 1 – Resumo dos principais efeitos verificados na literatura em relação à variação no teor de filler no CAA

Referência/Análise	Principais efeitos da variação no teor de filler no CAA
Vieira (2017)	Maior coesão do concreto
Fiorentin (2011)	Maior coesão do concreto, maior empacotamento e maior resistência mecânica

Referência/Análise	Principais efeitos da variação no teor de filler no CAA
Santos (2016)	Maior coesão e menor espalhamento do CAA
Kraus (2006)	Teor máximo de filler é dosado em função da areia, a/c e superplastificante

Fonte: Os autores (2020).

CONCLUSÃO

Com relação à adição de diferentes teores de filler calcário, constatou-se que os efeitos são positivos nas propriedades do CAA, sendo que resultou em aceleração do processo de hidratação do C3S, aumento da coesão e da viscosidade, e melhora da resistência mecânica e à tração; em apenas um caso (10%) houve dificuldade em controlar a resistência à segregação. Verificou-se também que o teor máximo de filler calcário aceitável para obter um CAA é alcançado ao atingir o limite de viscosidade, e varia de acordo com as porcentagens dos outros componentes do concreto em questão, entretanto, em nenhuma das pesquisas um teor limite máximo é apresentando, demonstrando a necessidade de pesquisas nesta área.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, pelo auxílio financeiro ao desenvolvimento das pesquisas.

REFERÊNCIAS

- COUTO, J. A. S. et al. **O concreto como material de construção**. Cadernos de Graduação – Ciências Exatas e Tecnológicas, Sergipe, v. 1, n. 17, outubro de 2013.
- SOBRAL, H. S. **Propriedades do concreto fresco**. São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland, outubro de 2000.
- TUTIKIAN, B. F.; DAL MOLIN, D. C. **Concreto Autodensável**. São Paulo: PINI, outubro de 2008.
- CALADO, C. F. A. et al. **Concreto auto-adensável (CAA), mais do que alternativa ao concreto convencional (CC)**. Recife: EDUPE, 2015.
- VIEIRA, S. P. **Propriedades do concreto autoadensável com diferentes tipos de adições**. 2017. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2017. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/24021/1/2017_SheillaPereiraVieira.

[pdf](#). Acesso em: 18 jul. 2020.

MELO, K. A. D. **Contribuição à dosagem de concreto auto-adensável com adição de fíler calcário**. 2005. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/101755/211742.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 21 jul. 2020.

BOLINA, C. C. et al. **Estudo de dosagem de concretos pelo método IPT/EPUSP**. Revista Científica Indexada Linkania Júnior, v. 2, n. 2, fevereiro/março de 2012. Disponível em: <http://linkania.org/master/article/view/40/31>. Acesso em: 22 jun. 2020.

FOCHS, R. G. **Estudo comparativo entre métodos de dosagem de concreto autoadensável**. Dissertação (Mestrado em engenharia) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011. Disponível em: <http://tede2.pucrs.br/tede2/bitstream/tede/3184/1/434471.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2020.

BRITO, M. O. **Estudo de dosagem de concreto com agregado miúdo de pó de pedra**. 2019. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Faculdade Maria Milza, Governador Mangabeira, Bahia, 2019.

GOMES, P. C. C.; BARROS, A. R. **Métodos de dosagem de concreto autoadensável**. São Paulo: PINI, abril de 2009.

TUTIKIAN, B. F. **Método para dosagem de concretos auto-adensáveis**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/3918>. Acesso em: 15 jun. 2020.

FIORENTIN, T. R. **Influência do aditivo modificador de viscosidade e do fíler calcário no comportamento de pastas e argamassas de concreto auto-adensável**. 2011. 66 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2011. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/237/1/PB_COECI_2011_2_03.pdf. Acesso em: 22 jul. 2020.

SANTOS, V. C. D. **Estudo de argamassa autoadensável com fíler calcário e cinza do bagaço de cana-de-açúcar**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2016.

KRAUS, Z. F. **Investigação de misturas de argamassas para dosagem de concreto auto-adensável contendo ora filer calcário, ora aditivo promotor de viscosidade em substituição ao filer.** 2006. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006. Disponível em:
<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/89047/271259.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 24 jul. 2020.