

13º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2022

EFEITOS DA APLICAÇÃO DE POLÍMEROS SUPERABSORVENTES (PSA) DE FRALDAS DESCARTÁVEIS NAS PROPRIEDADES DO ESTADO FRESCO DE PASTAS CIMENTÍCIAS

ALISSON RENZO P. DE SOUZA¹, MARCIA R. DE MOURA², FAUZE A. AOUADA³,
ADHEMAR W. FILHO⁴

¹ Discente do curso Técnico em Edificações Integrado ao Ensino Médio, Bolsista PIBIFSP-EM, IFSP, Câmpus Ilha Solteira, p.alisson@ifsp.edu.br.

² Docente da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Engenharia, Departamento de Física e Química, Programa de Pós Graduação em Ciência dos Materiais (PPGCM), Ilha Solteira, marcia.aouada@unesp.br.

³ Docente da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Engenharia, Departamento de Física e Química, Programa de Pós Graduação em Ciência dos Materiais (PPGCM), Ilha Solteira, fauze.aouada@unesp.br.

⁴ Docente do curso Técnico em Edificações Integrado ao Ensino Médio, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Câmpus Ilha Solteira, watanuki@ifsp.edu.br.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.01.01.01 – 8 (Materiais e componentes de construção)

RESUMO: Com o aumento do consumo de produtos descartáveis problemas ambientais relacionados com o seu descarte tem se agravado. Assim, o reuso destes resíduos, a exemplo do polímero superabsorvente (PSA) da sua composição de fraldas descartáveis, passa a ser uma alternativa de adições em pastas cimentícias. Estes polímeros hidrofílicos, caracterizados por sua capacidade de absorção e liberação de água, podem atuar como potenciais agentes de cura interna diretamente na microestrutura dos materiais cimentícios. O objetivo do estudo foi avaliar os efeitos da aplicação de PSA de fraldas descartáveis nas propriedades de estado fresco das pastas cimentícias. Para tanto, foram produzidas pastas de cimento ($a/c=0,48$) controle e com 0,50% ($m_{PSA\text{intumescido}}/m_{\text{cimento}}$) de PSA, permitindo analisar a taxa de exsudação das mesmas e a capacidade de intumescimento do PSA. Os resultados mostraram que o grau de intumescimento foi de $164,98 \pm 28,93$ g/g, o que indica o elevado grau de absorção de água pelo polímero. Já os resultados da exsudação mostraram que o PSA agiu satisfatoriamente na pasta, restando 49,2% de água em comparação ao controle, aos 60 minutos. Assim, a utilização de PSA proveniente de fraldas descartáveis demonstra ser uma alternativa promissora e inovadora que pode melhorar a hidratação interna dos materiais cimentícios.

PALAVRAS-CHAVE: Construção civil, hidrogel, aditivos, grau de intumescimento, exsudação.

RECYCLING AND APPLICATION OF SUPERABSORBENT POLYMERS (SAP) FROM DISPOSABLE DIAPERS AS POTENTIAL INTERNAL CURING AGENTS FOR CEMENTITIOUS PASTES.

ABSTRACT: Due to the increased consumption of disposable products, environmental problems related to their disposal have been aggravated. Thus, the reuse of this waste, such as the superabsorbent polymer (SAP) from disposable diapers, becomes an alternative of admixtures in cement pastes. These hydrophilic polymers, characterized by their ability to absorb and release water, can act as potential internal curing agents directly in the microstructure of cementitious materials. The objective of the study was to evaluate the effects of the application of SAP from disposable diapers on the fresh state properties of cementitious pastes. Thus, cement pastes ($a/c=0.48$) control and with 0.50% ($m_{SAP\text{intensity}}/m_{\text{cement}}$) of SAP were produced, allowing analysis of their exudation rate and the swelling degree of SAP. The results showed that the swelling degree was 164.98 ± 28.93 g/g, which indicates the high degree of water absorption by the polymer. The results of the exudation index showed that the SAP acted satisfactorily in the paste, retaining 49.2% of water compared to the control, at 60 minutes. Thus, the use of SAP from disposable diapers shows to be a promising and innovative alternative that can improve the internal hydration of cementitious materials.

KEYWORDS: Civil construction, hydrogel, admixtures, swelling degree, exudation index.

INTRODUÇÃO

Um dos problemas enfrentados pela população mundial trata-se da geração e descarte inadequado de resíduos sólidos, devido a mudanças nos hábitos atuais de consumo. Assim, produtos cada vez mais tecnológicos são inseridos no mercado com a premissa de facilitar o consumo e descarte pelos usuários, contudo, estes que antes eram materiais duradouros passam a ser substituídos por outros de baixo custo e baixa durabilidade (GUIMARÃES et al., 2014). Como exemplo destes materiais tecnológicos, destacam-se as fraldas descartáveis, cujo principal objetivo é absorver quantidades de fluídos em um período de tempo reduzido. Ressalta-se ainda que estes produtos, em geral, são constituídos por plásticos, fibras e polímeros absorventes (baseados em acrilatos de sódio) e possuem potencial de reciclagem e reutilização como matéria-prima para outras aplicações (MOREIRA et al., 2020)

Os PSA destas fraldas são sintéticos e obtidos por reações de polimerização de ácido acrílico, o que resulta em um material que absorve e retém uma grande quantidade de líquido (BACHRA et al., 2020) em sua estrutura, que pode ser liberado ao longo do tempo (AOUADA, 2009). Sua reutilização é interessante, principalmente para a área de construção civil, pois estes podem atuar como pequenas inserções carregadas de água (NASCIMENTO et al., 2017) no interior de uma matriz cimentícia, e agir como potenciais agentes de cura interna. Isto por que a liberação de água pelo PSA na microestrutura cimentícia pode garantir a hidratação do cimento e, ao mesmo tempo reduzir patologias relacionadas a retração e microfissuras que comprometem a durabilidade destes compósitos (MECHTCHERINE et al., 2015).

Assim, a aplicação de PSA, proveniente de fraldas descartáveis, parte do pressuposto de que sua reutilização e aplicação pode reduzir os impactos ambientais ocasionados pelo seu descarte inadequado, ao mesmo tempo que demonstra ser um aditivo inovador que pode garantir melhorias nas propriedades de materiais cimentícios.

MATERIAL E MÉTODOS

1.1 Produção das pastas cimentícias

Para a produção das pastas cimentícias foi proposta uma dosagem com relação água/cimento de 0,48, para as pastas de referência sem adição do polímero, e a outra dosagem similar, porém com adição de 0,50% (massa/massa de cimento) de PSA previamente hidratado. A escolha por essas proporções propostas foi baseada em estudos realizados previamente (SANTOS et al., 2016; CILLI et al., 2019).

Ressalta-se que a quantidade de água retida pelo polímero foi retirada da água de dosagem (amassamento) afim de manter a relação a/c total estabelecida, daí a importância da realização do ensaio do grau de intumescimento. Antes de ser utilizado, o PSA extraído das fraldas utilizadas passou por processo de lavagem e posteriormente, secagem em estufa ($40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), para retirar qualquer tipo de resíduo que pudesse comprometer as amostras. Após a secagem, os mesmos foram intumescidos em águas e assim, aplicados na pasta.

Assim, as pastas foram produzidas utilizando-se uma argamassadeira seguindo as especificações propostas pelas normas NBR 16541 (2016) e NBR 7215 (1996). Para que posteriormente fossem vertidas em moldes específicos para cada tipo de ensaio.

1.2 Grau de intumescimento do SAP

Após as etapas de extração, lavagem e secagem do PSA, 0,02 g de PSA já secos foram acondicionados em saquinhos de polietileno (3 amostras), onde foram aferidas as massas secas. Na sequência, as amostras foram acondicionadas em reservatório contendo 250 mL de água destilada. Assim, nos intervalos de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 120, 180, 240 e 300 minutos, as amostras foram retiradas da água e o excesso da superfície da água foi suavemente removido com papel.

Posteriormente suas massas foram aferidas utilizando uma balança analítica, nos tempos determinados. Ressalta-se que imediatamente após as leituras, as amostras foram novamente colocadas no recipiente contendo água. O grau de intumescimento (GI) foi calculado utilizando a Equação 1.

$$GI = \frac{M_t}{M_d} \quad (1)$$

Onde: GI é o grau de intumescimento (g_{H_2O} / g_{PSA});

M_t e M_d são as massas intumescidas (g) no tempo t e o PSA seco, respectivamente.

As medidas foram realizadas em triplicata ($n = 3$), e as barras de erro no gráfico correspondem ao desvio padrão.

1.3 Exsudação da argamassa-hidrogel

Uma das características dos PSA trata-se da liberação controlada de água, assim uma das técnicas que pôde contribuir para essa análise, trata-se da determinação da quantidade de água que exsuda de uma amostra em seu estado fresco. Esse método baseado na metodologia RILEM MR-6 (1982) foi aplicado para as pastas cimentícias de controle e para as preparadas com PSA.

Foram utilizadas 3 amostras com 400 ml cada, depositadas e adensadas manualmente em béqueres. As extrações dos volumes de água exsudada foram retiradas da superfície com auxílio de uma pipeta graduada, sendo que estes volumes de água exsudada foram retirados da superfície, nos períodos de 5, 15, 30, 60, 120, 180 e 240 minutos. Após cada extração, a água foi transferida para um recipiente, e seu volume foi aferido. Assim, a taxa de exsudação foi calculada pela relação entre a água exsudada pela área superficial de cada béquer.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Grau de Intumescimento (GI)

A propriedade hidrofílica do PSA foi obtida a partir da determinação do seu grau de intumescimento (GI). O grau de intumescimento dos polímeros absorventes está relacionado com a eficiência que este possui em absorver uma certa quantidade de água por um determinado tempo. Esse critério foi seguido até obter-se o equilíbrio, resultando na total saturação, não alterando nas suas respectivas massas, conforme ilustrado nas Figuras 1a e 1b abaixo.

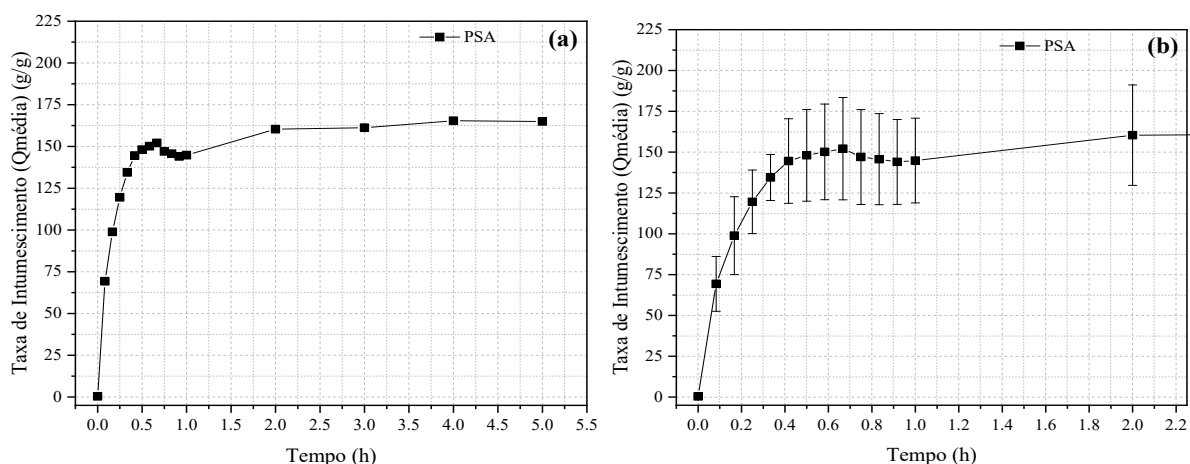


FIGURA 1 – Grau de intumescimento de polímeros superabsorventes (SAP), em função do tempo total (1a) e detalhe do comportamento do intumescimento do SAP nas 2 primeiras horas (1b)

Na figura 1a apresentada, observa-se que o equilíbrio foi atingido a partir de 3 horas do início do ensaio, com o grau de intumescimento 164.98 ± 28.93 g/g. Ressalta-se que na primeira hora foi possível observar uma absorção acelerada de água pelo PSA, conforme apresentado pela figura 1b. Esse comportamento é característico de polímeros utilizados em fraldas descartáveis, visto a necessidade de absorção rápida de líquidos.

Outra característica observada trata-se da alta quantidade de água absorvida pelo polímero, que também está relacionada a sua função e as características químicas de sua composição. No entanto, essa quantidade de água absorvida é interessante para materiais cimentícios, pois essas partículas de PSA carregadas de água atuam como pequenos reservatórios de água, que são liberados ao longo do tempo e auxiliando no processo de cura (CILLI et al., 2019).

Nesse sentido, uma maior retenção de água pode garantir que a umidade interna seja mantida por mais tempo na microestrutura dos materiais cimentícios, contribuindo para uma melhor hidratação das partículas de cimento.

Taxa de Exsudação

A exsudação nos materiais cimentícios é um tipo de segregação em que parte da água da mistura tende a migrar para a superfície de uma pasta recém produzida. É causada pela incapacidade da mistura de componentes sólidos reter toda a água de mistura quando estes se assentam em direção ao fundo (NEVILLE, 2013).

A exsudação não é necessariamente prejudicial, e a relação a/c efetiva pode ser diminuída, com um consequente aumento da resistência, se a exsudação não for perturbada. Neste contexto, os PSA podem contribuir para a fase de retenção de água em idades mais recentes e prevenir este tipo de fenômeno. A Figura 2 abaixo representa os resultados do ensaio de exsudação para as pastas cimentícias avaliadas.

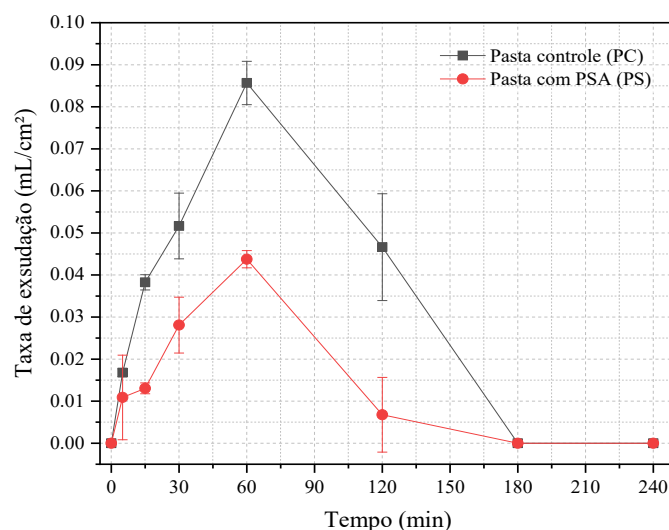


FIGURA 2 – Taxa de exsudação de pastas cimentícias produzidas sem e com 0,5% de SAP, em função do tempo.

Em geral, os resultados da Figura 2 apontaram que as pastas com polímeros superabsorventes na sua composição apresentaram uma redução do índice de exsudação, indicando que os PSA atuam como agentes de retenção de água (MECHTCHERINE, et al., 2015, VARAPRASAD, et al., 2017 e SNOECK, et al., 2017)

A partir da representação gráfica (Figura 2), é possível observar um crescimento acentuado da taxa de exsudação nos primeiros 60 minutos, onde a curva atinge o seu valor máximo. Contudo, observa-se que as pastas confeccionadas com PSA tiveram uma diminuição significativa de exsudação, apresentando um valor de $4,38 \times 10^{-2} \pm 0,002$ ml/cm², enquanto a pasta controle apresentou um valor de $8,57 \times 10^{-2} \pm 0,005$ ml/cm², o que corresponde a uma redução de 49,2% da pasta com PSA em relação ao controle.

Essa redução corrobora com os resultados apresentados por SARBAPALLI et al. (2017) que concluíram que a adição de PSA proporciona uma melhoria específica na propriedade de retenção de água das argamassas estudadas. Os autores ainda verificaram que uma dose aumentada de PSA (baseada em acrilamida/acrilato) causa uma redução mais significativa na taxa de perda de água devido à capacidade de retenção de água pelo polímero.

CONCLUSÕES

Os resultados mostraram um elevado grau de absorção de água pelo polímero, característico do PSA à base de poliacrilato de sódio. Em relação aos resultados da exsudação, estes mostraram que o SAP agiu satisfatoriamente na pasta, retendo 49,2% de água aos 60 minutos em comparação com a pasta de controle. Assim, a utilização de PSA a partir de fraldas descartáveis demonstrou ser uma alternativa promissora e tecnologicamente inovadora que pode melhorar a hidratação interna da microestrutura dos materiais cimentícios

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), a Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho” (UNESP) campus Ilha Solteira, ao Grupo de Compósitos e

Nanocompósitos Híbridos (GCNH), ao programa institucional de iniciação científica (PIBIC), e as instituições de fomento à pesquisa CNPq e CAPES pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

AOUADA, F. A. **Síntese e caracterização de hidrogéis de poliacrilamida e metilcelulose para liberação controlada de pesticidas**. Tese (Doutorado) – Curso de Química. Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/6109>. Acesso em: 20 jul. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7215**: Cimento portland: Determinação da resistência à compressão. ABNT, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16541**: Argamassa industrializada para assentamento de paredes e revestimentos de paredes e tetos: preparo da mistura para realização de ensaios. ABNT, 2016.

BACHRA, Y.; GROULI, A.; DAMIRI, F.; BENNAMARA, A.; BERRADA, M. A new approach for assessing the absorption of disposable baby diapers and superabsorbent polymers: A comparative study. **Results in Materials**, v. 8, p. 1237-1252, 2020.

CILLI, S. L.; SILVA, H. C.; WATANUKI FILHO, A.; AOUADA, M. R. D. M.; AOUADA, F. A. Otimização de metodologia de obtenção de pastas cimentícias contendo hidrogéis. **Journal of Experimental Techniques and Instrumentation**, v. 2, n. 1, p. 1-9, 2019.

GUIMARÃES, L. F. In: KRUGLIANSKAS, I.; PINSKY, V. C. **Gestão Estratégica da Sustentabilidade: Experiências Brasileiras**. Elsevier Brasil, cap. 2, p. 35-60, 2014.

MECHTCHERINE, V.; SECRIERU, E.; SCHRÖFL, C. Effect of superabsorbent polymers (SAPs) on rheological properties of fresh cement-based mortars—development of yield stress and plastic viscosity over time. **Cement and Concrete Research**, v. 67, n.2, p. 52-65, 2015.

MOREIRA, P. A. G.; MENDES, T. A.; DOS SANTOS PEREIRA, S. A.; MENDES, D. Impactos ambientais e opções de tratamento dos resíduos provenientes de fraldas descartáveis: Revisão da literatura. **Revista Baru-Revista Brasileira de Assuntos Regionais e Urbanos**, v. 6, n. 1, p. 1-18, 2020.

NASCIMENTO, D. W.; DE MOURA, M. R.; MATTOSO, L. H.; AOUADA, F. A. Hybrid biodegradable hydrogels obtained from nanoclay and carboxymethylcellulose polysaccharide: hydrophilic, kinetic, spectroscopic and morphological properties. **Journal of nanoscience and nanotechnology**, v. 17, n. 1, p. 821-827, 2017.

NEVILLE, F. A.; BROOKS J. J. **Tecnologia do concreto**. 1. ed. Porto Alegre: Editora Bookman, 2013.

INTERNATIONAL UNION OF TESTING AND RESEARCH LABORATORIES FOR MATERIALS AND STRUCTURES. **MR-6**: Tendency of water to separate from mortars (bleeding). RILEM, 1982.

SARBAPALLI, D.; DHABALIA, Y.; SARKAR, K.; BHATTACHARJEE, B. Application of SAP and PEG as curing agents for ordinary cement-based systems: impact on the early age properties of paste and mortar with water-to-cement ratio of 0.4 and above, **European Journal of Environmental Civil Engineering**, v.21, n.10, p. 1237-1252, 2017.

SANTOS, J. C. D.; TASHIMA, M. M.; MOURA, M. R. D.; AOUADA, F. A. Obtainment of hybrid composites based on hydrogel and Portland cement. **Química Nova**, v. 39, n. 2, p. 124-129, 2016.

SNOECK, D; L. PEL, DE BELIE N. The water kinetics of superabsorbent polymers during cement hydration and internal curing visualized and studied by NMR. **Scientific Reports**. v. 7, n. 1, p. 1-14, 2017.

VARAPRASAD, K.; RAGHAVENDRA, G. M.; JAYARAMUDU, T.; YALLAPU M. M; SADIKU, R. A mini review on hydrogels classification and recent developments in miscellaneous applications. **Materials Science and Engineering C**, v. 79, n. 11, p. 958-971, 2017.