

ADIÇÃO DE POLÍMERO SUPERABSORVENTE DE POLIACRILONITRILA NA MISTURA CIMENTÍCIA COM VARIAÇÃO DE QUANTIDADE DE ÁGUA

ADDITION OF POLYACRYLONITRILE SUPERABSORBENT POLYMER IN CEMENT MIXTURE WITH VARIATION IN THE AMOUNT OF WATER

Maria Rosária de Oliveira¹
Erika Peterson Gonçalves²

Resumo: O polímero superabsorvente é um material inovador, que possui a capacidade de absorver a água e desorver gradativamente, quando adicionado à mistura cimentícia, o processo de liberação da água ocorre mais lento que usual, uma vez que o polímero superabsorvente retém líquido, evitando a evaporação da água. Com as novas tecnologias, a busca científica para desenvolvimento de novos materiais na construção civil vem crescendo os estudos de aplicação de polímeros superabsorventes na massa cimentícia para melhoria de suas propriedades. Neste âmbito, o uso dos polímeros superabsorventes tem sido analisado como um agente de cura interna do compósito, melhorando a retração da massa cimentícia e aumentando a resistência mecânica, podendo ser comprovado cientificamente nos ensaios laboratoriais, como reservatório de água para auxílio na hidratação da argamassa. Esses resultados contribuem para redução de alguns problemas que podem vir a ocorrer no decorrer da vida útil da argamassa, que são fissurações e deslocamento.

Palavras-chave: Argamassa; Polímero superabsorvente; SAP; Poliacrilonitrila

Abstract: The superabsorbent polymer is an innovative material with the ability to absorb water and gradually desorb it, and when added to the cementitious mixture, the process of water release occurs slower than usual, since the superabsorbent polymer retains liquid, preventing water evaporation. With the new technologies, the scientific search for the development of new materials in civil construction has been increasing the studies on the application of superabsorbent polymers in the cement mass to improve its properties. In this context, the use of superabsorbent polymers has been analyzed as an internal curing agent of the composite, improving the retraction of the cement mass and increasing mechanical strength, which can be scientifically proven in laboratory tests, such as water reservoir for assistance in mortar hydration. These results contribute to reduce some problems that may occur during mortar's service life, namely cracking and spalling.

Key words: Mortar; Superabsorbent polymer; SAP; Polyacrylonitrile.

Data de submissão: 16.03.2021

Data de aprovação: 20.09.2021

¹ Mestre em Processamento de Materiais e Engenheira civil, com Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, pela Universidade do Vale do Paraíba – Univap, Brasil. E-mail: oliveira.mariar@yahoo.com.br.

² Doutorado em Engenharia Aeronáutica e Mecânica pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA, Brasil. Docente da Universidade do Vale do Paraíba, Brasil. E-mail: erika@univap.br

Identificação e disponibilidade:

(<https://revista.univap.br/index.php/revistaunivap/article/view/2497>,
<http://dx.doi.org/10.18066/revistaunivap.v28i57.2497>).

1 INTRODUÇÃO

SAP (Superabsorbent Polymers) é um material hidrofílico e biodegradável, com capacidade de absorção de até 1500 mL de líquido por grama de sólido, teve sua principal aplicação na fabricação de fraldas descartáveis e absorventes íntimos descartáveis. Porém, com o passar dos anos sua aplicação foi ampliada para aplicações em diversas áreas. Com sua característica de retenção de líquidos, o uso na agricultura tem sido eficaz na melhoria de solo seco (Rosa et al., [2020]).

No levantamento bibliográfico, notou-se que os estudos do polímero superabsorvente estão em expansão para aplicação na construção civil, para aprimorar as propriedades das massas cimentícias, sendo adicionado na massa cimentícia na apresentação de polímero superabsorvente seco e polímero superabsorvente saturado.

Santos (2016) analisou a mistura de cimento com a adição de 1% de hidrogel proveniente do SAP (Superabsorbent Polymers). Comparando-se a mistura padrão com resistência máxima no ensaio de compressão de 36,6 MPa, verificou-se a ausência de fissuras detectáveis visualmente na amostra com adição de SAP, (que atingiu a resistência superior 6,5% da amostra padrão). O autor relatou que a adição deste material superabsorvente não altera as propriedades reológicas da pasta cimentícia e melhora sua performance mecânica.

Nas análises de Snoeck et al. (2015), os autores notaram que adicionando SAP seco no concreto, resulta-se na diminuição dos índices de vazios, enquanto a utilização do SAP saturado procedeu o efeito inverso, prejudicando o compósito.

Mechtcherine e Reinhardt (2012), em seus estudos com polímeros superabsorventes, notaram que adicionando 0,6% de SAP na massa de cimento, ocorreu a retardação do processo de hidratação da mistura quando comparado com a mistura comum, nos ensaios mecânicos, após 7 dias nas amostras com adição de SAP, ocorreu perda de resistência que foi de 30%, comparado com a mistura sem o polímero e que após 28 dias reduziu para 4%. Os autores observaram que o processo de cura do material foi mais longo que a amostra padrão.

Segundo Lee e Buenfeld (2018) alguns fatores analisados podem interferir na resistência do concreto: o aumento do índice de vazios devido ao inchamento do SAP, a variação de temperatura durante a cura, contato com umidade entre outros.

O estudo de Hashold (2012) apresentou melhora na retração da argamassa quando adicionado SAP e adequação na quantidade de água, acarretando a melhora na trabalhabilidade do material, observando a redução da resistência mecânica.

Do mesmo modo, o levantamento de referências bibliográficas de Dugane *et al.* (2019), reportaram quando adicionado SAP na massa cimentícia, ocorreu ganho de resistência e redução da trabalhabilidade.

O SAP saturado quando adicionado no concreto, segundo Dang et al. (2017) melhoram a trabalhabilidade, pois agiu como um lubrificante possibilitando o melhor escorregamento entre os agregados e a matriz fluida do material compósito.

Os conceitos encontrados na literatura demonstram que o uso do polímero superabsorvente na massa cimentícia podem melhorar performance do material, mas necessitam de análises técnicas para seu uso. Assim sendo, o objetivo deste trabalho foi identificar as características microscópicas e o comportamento volumétrico e

resistência mecânica de argamassas produzidas com a adição de SAP com diferentes quantidades adicionadas de água de amassamento, para observar se a interferência da água com o SAP traz melhoria nas propriedades do compósito.

2 METODOLOGIA

Os estudos do comportamento de argamassas resultaram na produção de massa padrão para usar como parâmetro, com SAP de poliacrilonitrila seco adicionada na mistura da massa padrão e SAP saturado (quando o SAP absorve a água), para as amostras com 100% e 40% de água sobressalente ao traço padrão, para analisar se o SAP obtém melhoria nas propriedades da argamassa e com a adição de água na massa, para substituir a cura externa necessária nos primeiros 7 dias.

Materiais

Devido à disponibilidade do mercado da região, foi utilizado como material aglomerante, o Cimento Portland CPIII 40 RS, agregado miúdo natural de rio, que seca em estufa a 100°C cuja composição granulométrica é 100% passante na peneira #1,19 mm (denominada areia média de acordo com a NM 7211). Para o desenvolvimento do trabalho, foi usado o polímero superabsorvente de poliacrilonitrila granulado seco, gentilmente cedido pela empresa IGTPAN – Instituto Granado de Tecnologia da Poliacrilonitrila e por fim, para amassamento da mistura utilizou-se água potável.

Caracterizações

Para avaliação do comportamento dos traços de argamassa estudados, amostras de cada composição foram ensaiadas após cura de 28 dias e 90 dias.

As características microscópicas foram avaliadas por MEV (Microscopia Eletrônica de Varredura), Modelo MA 10 + EDX INCA Oxford e marca Carl Zeiss, onde foi aplicada voltagem e aceleração de 10kV e detector de elétrons secundários. As amostras foram preparadas a partir de lascas obtidas após ensaio de compressão de 28 dias, onde passou por secagem por 24 horas em estufa há 50 °C, após foi metalizada via plasma com fina camada de ouro, para a varredura do elétron na superfície da amostra.

As variações dimensionais foram obtidas pela média da aferição de 5 pontos de cada corpo de prova cilíndrico, nas direções axiais e transversais, com paquímetro conforme norma, usando a média das medidas. Para o cálculo de variação dimensional das amostras foi utilizada a ABNT NBR 15261-2005 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos-determinação da variação dimensional (retração ou expansão linear) (Associação Brasileira de Normas Técnicas [ABNT], 2005).

Moldagem dos corpos de prova

Os corpos de prova foram moldados de acordo com a ABNT NBR 7215:2019 Cimento Portland – Determinação da resistência a compressão de copos de prova cilíndricos (ABNT, 2019), 100 corpos de prova em moldes de 10x5 cm, untados com óleo mineral. A mistura foi efetuada na argamassadeira, inicialmente adicionou-se os volumes totais da água para amassamento e o cimento, misturou-se estes materiais em velocidade baixa por 30 segundos, com a argamassadeira ligada na velocidade baixa, procedeu-se a adição do agregado natural (areia) que foi realizado em quatro etapas, com intervalo entre as adições de 30 segundos, sem que a agitação da massa fosse cessada. Após a adição de toda a massa de agregado, aumentou-se a velocidade de mistura e manteve-se por mais 30 segundos. Terminado o processo de mistura, a massa obtida foi deixada descansar por 90 segundos, quando a agitação foi retomada em velocidade alta por mais 60 segundos.

Após o preparo da massa, esta foi adicionada nos moldes em 4 camadas a mistura do cimento com 30 golpes de soquete para adensamento.

Para adicionar o polímero superabsorvente na massa foram empregadas 2 formas: adição de SAP (polímero superabsorvente) seco e saturado. No primeiro caso, o polímero foi incorporado na mistura após efetuar o amassamento padrão de todos os materiais, antes de aumentar a velocidade da argamassadeira. Para adicionar o SAP saturado, foi misturada a água com o SAP e aguardou-se 5 minutos até absorver toda água, em seguida adicionou-se o cimento e iniciou-se o processo de acordo com a norma NBR 7215:2009.

A identificação dos corpos de prova foi realizada com as nomenclaturas, conforme apresentada no quadro 1.

Quadro 1 - Identificação dos corpos de prova.

Identificação	
Padrão	Argamassa padrão
SSe	Argamassa com adição de SAP seco adição ao traço padrão
SSA	Argamassa com adição de SAP saturado adição de 100% de água
SS4	Argamassa com adição de SAP saturado adição de 40% de água

Fonte: As autoras.

Traço da argamassa

O traço de argamassa é de 1:3:0,5, sendo 600 g de cimento, 1800 g de areia e 300 mL de água. No quadro 2, estão apresentadas as quantidades usadas no traço da mistura da argamassa.

Quadro 2 - Traço da argamassa.

Traço da argamassa				
	Cimento	Areia	Água	SAP (g)
Padrão	1	3	0,5	-
Sse	1	3	0,5	1,2
SSA	1	3	1,0	2,4
SS4	1	3	0,7	1,68

Fonte: As autoras.

Cura

A cura dos corpos de provas foi efetuada de acordo com a ABNT NBR 5738/2015 concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova, no qual ficaram submerso em uma solução de 10L de água com 20gr de hidróxido de cálcio, por 28 dias e 90 dias (ABNT, 2015).

Ensaio variação dimensional

Para efetuar o ensaio de variação dimensional, as amostras foram medidas no primeiro dia em que ocorreu o desmolde, com 28 dias e 90 dias. Após cura submersa em hidróxido de cálcio (CaOH), com o paquímetro, foram analisados 5 pontos no diâmetro e 5 na altura de cada corpo de prova. Os resultados apresentados mostram a média dos valores obtidos e o cálculo da variação dimensional usou a seguinte formula, conforme NBR 15261/2005:

$$\varepsilon_i = \frac{L_i - L_0}{0,25}$$

Fonte: ABNT, 2005

ε_i = medida de variação dimensional

L_i = leitura da idade final (mm)

L_0 = leitura efetuada após desforma (mm)

Após o processo de cura dos corpos de prova foram submetidos aos ensaios de compressão. Para os ensaios foram utilizados a Máquina de ensaios Universal Marca Instron, modelo 5900R-5584, com célula de carga 150 kN.

- Compressão axial de acordo com as normas da ABNT NBR 7215/2019 Cimento Portland — Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos, os corpos de prova foram colocados em um suporte de ambos os lados horizontalmente para nivelar e centralizado na base da máquina de ensaios, a prensa foi acionada com uma carga até o rompimento da peça.
- Compressão diametral (Tração Indireta) ABNT NBR 7222/2011 – concreto e argamassa – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos, para o ensaio diametral o compósito foi colocado verticalmente no centro da base da máquina de ensaios, onde a prensa aplicou uma carga necessária até romper a peça.

Para determinar a resistência a tração das amostras foi utilizada a seguinte equação 1: (ABNT, 2011).

$$f_{tD} = \frac{2 \cdot F}{p \cdot d \cdot L}$$

F_t/D = resistência à tração por compressão diametral, expressa em MPa, com aproximação de

0,05 MPa

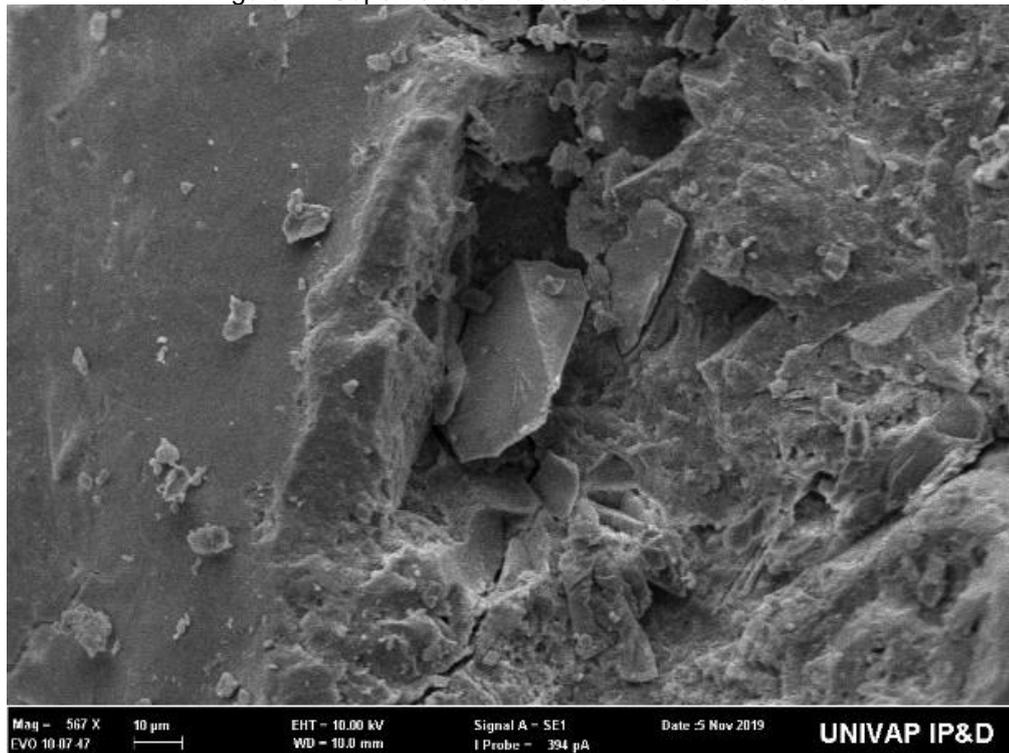
F = carga máxima obtida no ensaio (kN)
d = diâmetro do corpo-de-prova (mm) uma
L = altura do corpo-de-prova (mm)

Os valores dos ensaios mecânicos são apresentados a partir da média aritmética dos valores obtidos nos ensaios.

3 RESULTADOS

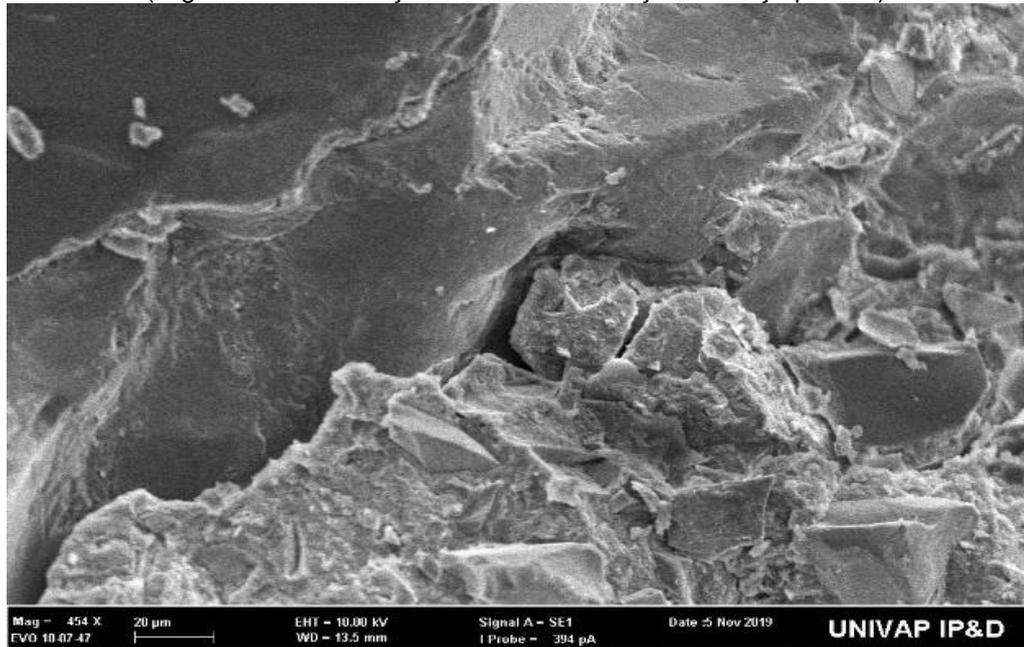
Após 28 dias de cura submersa em hidróxido de cálcio, as amostras foram submetidas à microscopia eletrônica de varredura. O escaneamento, representado na Figura 1, mostra a superfície de fratura das amostras de argamassa, que se apresentam homogêneas, com baixa porosidade e fratura.

Figura 1 - Superfície de fratura de amostra Padrão.



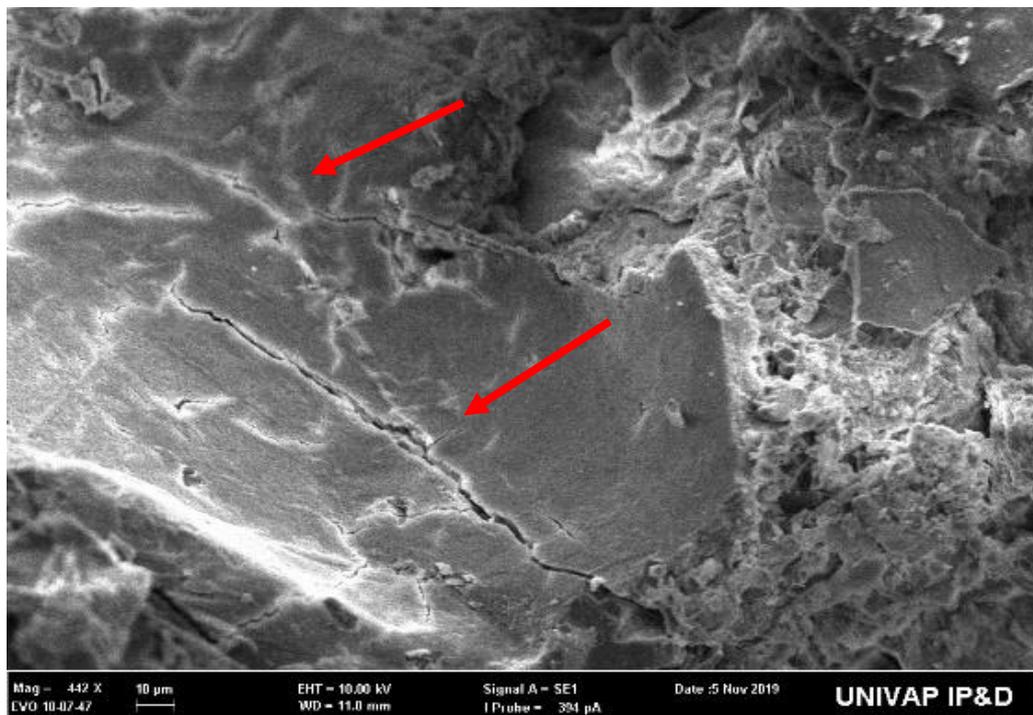
Fonte: As autoras.

Figura 2 - Superfície de fratura de amostra SSe
(Argamassa com adição de SAP seco adição ao traço padrão).



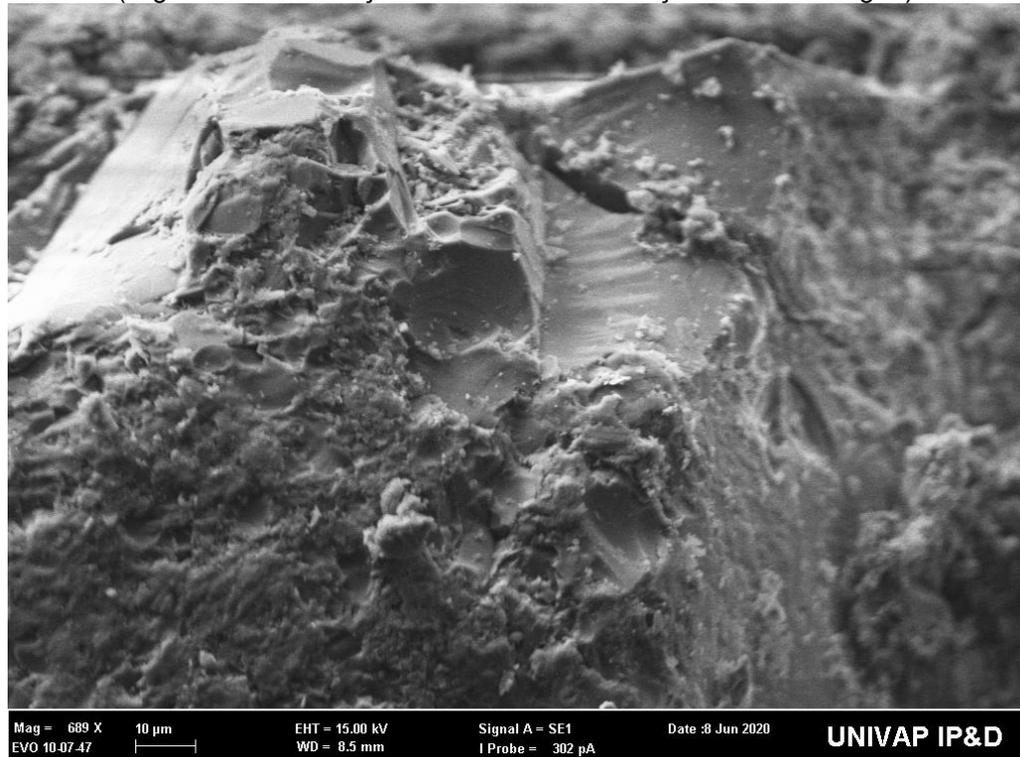
Fonte: autores.

Figura 3 - Amostra SSA (Argamassa com adição de SAP saturado adição de 100% de água).



Fonte: As autoras.

Figura 4 - Superfície de fratura da amostra SS4
(Argamassa com adição de SAP saturado adição de 40% de água).



Fonte: Autores.

A análise da superfície de fratura das amostras SSe (Argamassa com adição de SAP seco adição ao traço padrão), figura 2, apresentou textura similar à apresentada pelas amostras de controle, padrão apresentado na figura 1. Incorporando o SAP seco na mistura cimentícia, ocorreu a competição entre o SAP e o cimento pela água, controlando a liberação da água para a argamassa a ponto de produzir novos compostos hidratados e não houve influência em termos de porosidade macro.

As fissuras encontradas nas superfícies de fratura das amostras SSA, Figura 3, podem ser explicadas devido ao observado durante a moldagem destes corpos de prova. Uma mistura com baixa consistência acarretando exsudação da água após 2 h da moldagem, na qual foi coletada, totalizando aproximadamente 150 mL água exsudada. Podemos visualizar no MEV a presença de poros, zona de transição e superfícies irregulares, o que prejudicou a reação de hidratação do cimento, proporcionando a formação de vazios provenientes da presença do SAP, que após a cura, ao perder a água de saturação para o sistema matriz/agregado diminuiu seu volume, o que pode ter acarretado o tensionamento da matriz causando fissuração e deslocamento. Tais considerações também foram observadas por Snoeck *et al.* (2015), os quais verificaram que a adição de SAP saturado resultou no aumento do índice de vazios, prejudicando o material.

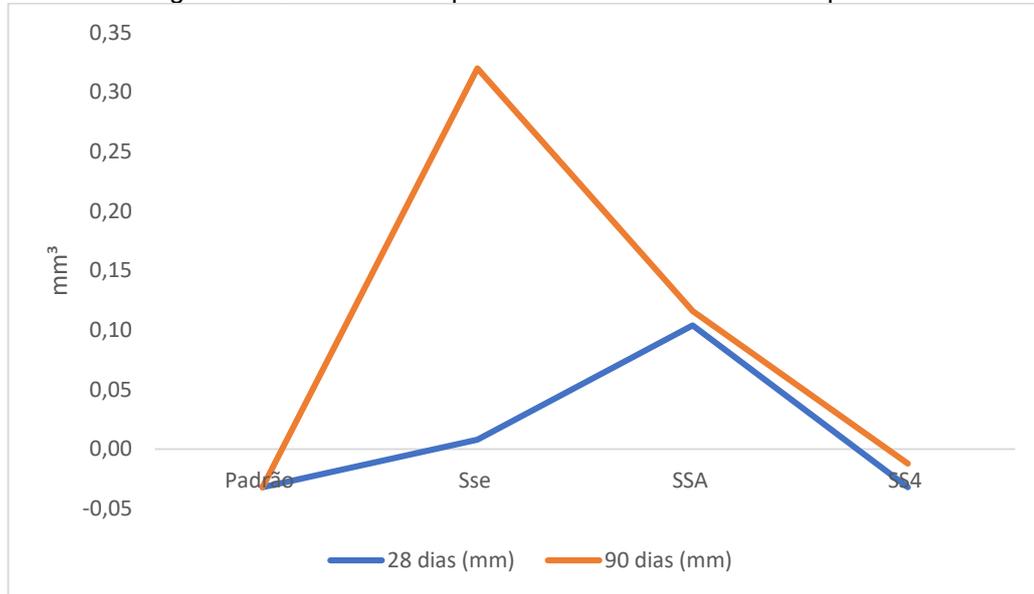
Na figura 4 está apresentada a superfície de fratura da amostra SS4, na qual foi adicionada 40% de água com o SAP saturado na quantia equivalente para absorver o total de água adicionado, comparado com a amostra padrão apresentou um compósito consistente e de fácil moldagem.

Analisando-se as amostras com adição de SAP, estas apresentaram um material equivalente a amostra padrão, região marcada pela seta, o que comprovou que a adição excessiva de água provocando a exsudação, amostra SSA, foi danosa para a textura do material, e conseqüentemente às suas propriedades mecânicas.

Análise volumétrica

Na Figura 5 foi apresentado o resultado do cálculo volumétrico usando a média aferida dos corpos de prova.

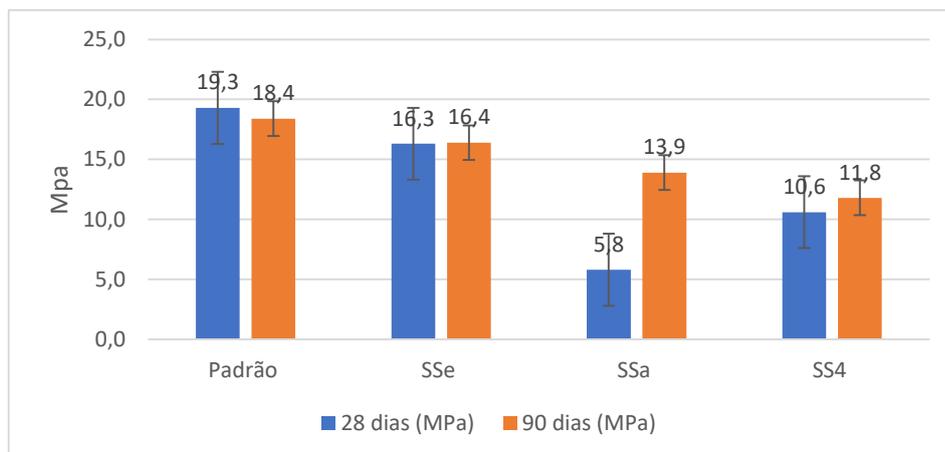
Figura 5 - Gráfico do comportamento volumétrico do compósito.



Fonte: As autoras.

De acordo com os resultados na Figura 5, observa-se o comportamento das amostras equivalente a amostra padrão. Na amostra SSe, após 90 dias, ocorreu dilatação do material em 5% em relação ao primeiro dia de desmolde, devido ao controle de liberação de água, de acordo com Lee e Buenfeld (2018), o uso do SAP pode interferir na dilatação do compósito.

Figura 6 - Gráfico comparativo dos resultados obtidos pelo ensaio de compressão axial após 28 dias e 90 dias de cura.



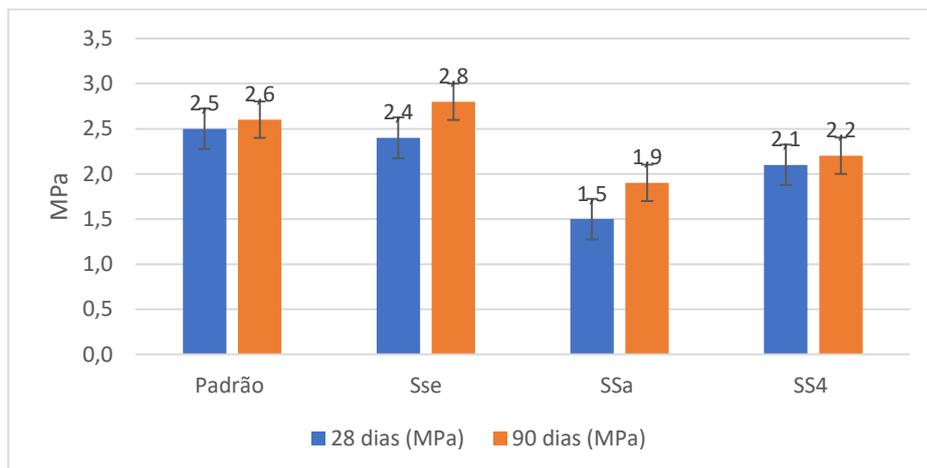
Fonte: As autoras.

De acordo com a Figura 6, a amostra SSe apresentou redução de 15% de resistência em relação à amostra padrão. A amostra SSA apresentou redução na resistência em 70% e a SS4 em 45%, comparada com a amostra padrão. Após 90 dias, comparando-se as amostras, apresentou redução de resistência, onde a amostra

SSe sofreu redução na resistência à compressão axial de 13% e as amostras SSA e SS4 apresentaram redução na resistência que variou de 24 à 35% quando comparado à amostra padrão. Notou-se que as amostras Ssa ganharam 140% resistência mecânica, em comparação com a amostra com 28 dias e a SS4 11%, sendo que a amostra padrão após 90 dias perdeu 4% de resistência comparada com o ensaio de 28 dias. A amostra Sse permaneceu com a mesma resistência. De acordo com os estudos de Mechtcherine e Reinhart (2012), para ocorrer a cura completa, interna, na mistura de cimento, com adição de SAP, pode-se levar até 56 dias. Para efetuar uma melhor avaliação do material é necessário analisar os compósitos com mais tempo de cura e quanto maior a adição de SAP, proporcionalmente, os ensaios com menos dias de cura terão diminuídas a resistência.

Porém, mesmo aos 28 dias de cura, as amostras SSA apresentaram significativa redução nas propriedades mecânicas devido ao excesso de água na mistura cimentícia, que corroboram com suas características de fissuração e deslocamento já discutidos anteriormente.

Figura 7 - Gráfico comparativo dos resultados obtidos pela compressão diametral após 28 dias e 90 dias de cura.



Fonte: As autoras.

Na figura 7, podemos observar o comportamento das amostras com 28 dias e 90 dias de cura. A amostra SSe obteve resistência equivalente à amostra padrão, com 28 dias e a amostra SSa foi a que mais sofreu com a perda de resistência, chegando a 38%, comparada com a padrão. Com 90 dias a amostra SSe ganhou 16% em relação a ela com 28 dias. Examinando o gráfico, notou-se que as amostras após 90 dias obtiveram resultados equivalentes a 28 dias de cura.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com os resultados obtidos neste trabalho, notou-se que o uso do polímero superabsorvente pode melhorar a massa cimentícia, sem ocorrer alteração nas propriedades mecânicas do compósito, desde que incorporados à mistura em seu estado seco, como demonstraram os resultados das amostras SSe.

Quanto à análise de estabilidade dimensional, o compósito com adição do polímero superabsorvente saturado com quantidade maior de água apresentaram comportamento equivalentes à amostra padrão, mas devido o acréscimo de água apresentaram perda de resistência mecânica, tornando-se um material de baixa

qualidade, como foi apresentado nas imagens do MEV: a amostra SSA com fissuras e deslocamento.

No entanto, a adição do polímero superabsorvente requer mais estudos, sabendo-se que é um material promissor, ao ser usado como reservatório de água em excesso afeta diretamente as propriedades mecânicas (massa cimentícia). O polímero superabsorvente necessita de mais estudos e divulgação técnica-científica.

REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2005). *Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos-determinação da variação dimensional (retração ou expansão linear)* (ABNT NBR 15261-2005).
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2011). *Concreto e argamassa: Determinação da resistência a tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos* (ABNT NBR 7222/2011).
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2015). *Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova* (ABNT NBR 5738/2015).
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2019). *Cimento Portland: Determinação da resistência a compressão de copos de prova cilíndricos* (ABNT NBR 7215:2019).
- Dang, J., Zhao, J., & Du, Z. (2017). Effect of Superabsorbent Polymer on the Properties of Concrete. *Polymers*, 9(12), 1-17.
- Dugane, S., Langhe, G., Erande, S., Jawak, V., & Ashwini, S. (2019). Analysis of Effect of Internal Curing with Super Absorbent Polymer. *Journal of Mechanical and Civil Engineering*, 16(3), 60-62.
- Hashold, M. T. (2012). Can superabsorbent polymers mitigate autogenous shrinkage of internally cured concrete without compromising the strength? *Construction and Building Materials*, 31(2012), 226–230.
- Lee, H. X. D., & Buenfeld, N. R. (2018). Effect of alkalinity and calcium concentration of pore solution on the swelling and ionic exchange of superabsorbent polymers in cement paste. *Cement and Concrete Composites*, 88, 150-164.
- Mechtcherine, V., & Reinhardt, H.-W. (2012). *Application of Super Absorbent Polymers (SAP) in Concrete Construction: State-of-the-Art Report Prepared by Technical Committee 225-SAP*.
- Rosa, F., Bordado, J. M., & Castilho, M. ([2020]). Polímeros Superabsorventes potencialidades e aplicações. *Dossier Comunicações Química*. http://web.tecnico.ulisboa.pt/~mcasquilho/compute/_fitting/Ing98-DC_Quim8.pdf.
- Santos, R. V. de A. (2016). *Polímeros superabsorventes: processos de produção, aplicação e mercado*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Bahia].

Snoeck, D., Velasco, L. F., Mignon, A., Vilerberghe, S. V., Dubruel, P., Lodewyckx, P., & Belie, N. (2015). The effects of superabsorbent polymers on the microstructure of cementitious materials studied by means of sorption experiments. *Cement and Concrete Research*, 77, 26-35.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao IGTPAN (Instituto de Granado de Tecnologia da Poliacrilonitrila), por financiar (com a bolsa de estudo), e apoiar a pesquisa, a qual está desenvolvendo e aperfeiçoando o uso do polímero superabsorvente de poliacrilonitrila na mistura da massa cimentícia.