

REUTILIZAÇÃO DE POLÍMERO SUPERABSORVENTE COM POSSÍVEL APLICAÇÃO EM PASTA DE CIMENTO

Walter Luiz Barbosa¹; Felipe Yuji Shitara¹; Fabricio Cerizza Tanaka²; Júnior da Silva Camargo^{3,6}; Ricardo da Silva Ferreira Júnior^{4,6}; Uilian Gabaldi Yonezawa^{5,6*}

¹ Graduado em Engenharia Química, Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS; ² Graduado em Tecnologia em Alimentos – UEMS, mestre em Ciência dos Materiais na Área de Química dos Materiais e doutor em Ciência dos Materiais na Área de Química dos Materiais – UNESP, doutorando em Engenharia de Alimentos – USP; ³ Bacharel em Química Industrial – UEMS, mestre em Ciência dos Materiais na Área de Química dos Materiais – UNESP; ⁴ Graduado em Química Bacharelado – UFMS, doutor em Química – UFMS; ⁵ Graduado em Química Licenciatura com Atribuições Tecnológicas, mestre em Ciência dos Materiais na Área de Química dos Materiais e doutor em Ciência dos Materiais na Área de Química dos Materiais – UNESP, ⁶ Docente das Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

* autor correspondente: uilianyonezawa@gmail.com

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo a reutilização de polímeros superabsorventes (PSA) retirados de fraldas infantis e sua caracterização hidrofílica para futura aplicação em pasta de cimento. Para a obtenção dos polímeros superabsorventes foram utilizadas fraldas descartáveis contendo urina. Logo após, todo o processo de extração do PSA foi determinado o grau de intumescimento em água destilada, em soluções com diferentes concentrações de NaCl, diferentes tipos de soluções salinas e por fim, em uma solução filtrada a partir de uma pasta de cimento. Com relação a parte de aplicação foi feito um levantamento bibliográfico citando diversos trabalhos sobre a aplicação de PSA em cimento. Os polímeros superabsorventes demonstraram excelentes resultados de intumescimento em água destilada. O aumento da concentração de cloreto de sódio diminui a capacidade de retenção de água. A análise do grau de intumescimento em diferentes soluções salinas (NaCl, BaCl₂ e ZnCl₂) permitiu observar que cargas multivalentes iônicas influenciam no intumescimento. O grau de intumescimento em solução de cimento demonstrou uma redução expressiva de aproximadamente 88%. Portanto, os resultados evidenciam que o reaproveitamento de PSA são materiais promissores para uma possível aplicação no cimento.

PALAVRAS-CHAVE: polímero superabsorvente; intumescimento; solução salina e matriz cimentício

1 INTRODUÇÃO

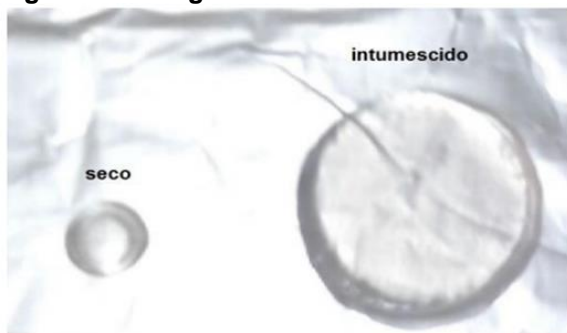
O descarte de lixo vem crescendo demasiadamente devido ao aumento populacional, gerando grandes sobrecargas em lugares de descarte, e uma série de problemas ambientais. Atualmente, o Brasil se encontra em quarto lugar no

questo geração de lixo, com uma produção de cerca de onze milhões de toneladas em 2019 e no ano de 2022 o país produziu 81,8 milhões de toneladas, perdendo apenas para os EUA, China e Índia (EXAME, 2023; OLIVEIRA, 2021; WWF, 2019). Neste contexto, existem diversos tipos de polímeros com uma

infinitude de aplicações como embalagem de alimentos, aplicações na agricultura, imobilização enzimática entre outras (FILHO et al., 2023; TANAKA et al., 2021; FERNANDES et al., 2019). Porém muitos deles logo após a utilização são apenas descartados sem uma destinação correta, gerando um impacto ambiental. Dentre eles temos os polímeros superabsorventes sintéticos, que são aplicados em diversos segmentos, desde as áreas médias, agricultura, farmacêuticas dentre outras (MANZANO et al., 2021).

A aplicação de polímeros superabsorventes (PSA) na fabricação de fraldas é comum, pois é considerado um grupo de materiais poliméricos com capacidade de absorver até 500 vezes o seu próprio peso em meio aquoso (JENSEN; HANSEN, 1995; ASSMANN, 2013). Deste modo, a reutilização de polímeros superabsorventes descartados pode também ter diversas aplicações, como por exemplo, na construção civil, atuando juntamente com o cimento obtendo uma série de vantagens como a redução da retração autógena e em alguns casos é possível notar um ganho na efetividade da hidratação do cimento (MANZANO et al., 2021).

Figura 1. Hidrogel seco e intumescido.



Fonte: Extraído de Yonezawa, 2016.

Existem dois estados de PSA, o seco e o intumescido (Figura 1; JENSEN; HANSEN, 1995). Quando hidratados em meio aquoso, transformam-se em um polímero intumescido. Esse processo ocorre porque, o líquido difunde

para os espaços vazios dentro da rede polimérica, utilizando-se de pressão osmótica, interação eletrostática (grupos hidrofílicos disponíveis na matriz do polímero), entropia e ação capilar (KLEMM; SIKORA, 2012; MÖNNING, 2009).

De acordo com Junior (2017), a presença de PSA em pasta cimentícia, também pode retardar e mitigar cerca de 97% da retração autógena no meio cimentício, garantindo uma distribuição uniformemente no processo de cura do cimento. Calesco et al. (2022) descrevem que a adição de hidrogel em argamassa reduz o índice de consistência e a taxa de exsudação, e não ocasionou variação na densidade no endurecimento.

Siqueri et al. (2020) relatam que materiais poliméricos como o hidrogel incorporado em matriz cimentícia, podem melhorar as propriedades mecânicas, os índices de consistência e exsudação, dependendo da concentração de hidrogéis adicionados. Sendo assim, a aplicação de diversos polímeros no meio cimentício, pode-se diminuir os gastos gerados na construção civil e obter diversos aspectos positivos como por exemplo resistência à compressão, tração e deformação da pasta de cimento (JUNIOR; 2017).

2 OBJETIVOS

O presente trabalho consiste em analisar as propriedades hidrofílicas do polímero superabsorvente em água destilada, solução salina e em solução de pasta cimentícia, com o propósito de reutilizar polímeros superabsorventes sintéticos utilizados na fabricação de fraldas descartáveis para uma possível aplicação na construção civil.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Materiais utilizados

Os PSAs utilizados neste trabalho foram extraídos de diversas fraldas

descartáveis de diferentes marcas contendo urina. Os materiais e reagentes utilizados foram disponibilizados pelos laboratórios de Química e de Engenharia Civil das Faculdades Integradas de Três Lagoas (AEMS), localizada em Três Lagoas, no estado de Mato Grosso do Sul.

3.2 Métodos (procedimento)

Os procedimentos utilizados para efetuar as devidas análises foram separados em duas etapas: a obtenção da matéria-prima e a análise dos polímeros. Para efetuar as análises, foram reutilizados polímeros absorventes de fraldas

descartáveis.

3.2.1 Primeira etapa: Obtenção de polímero superabsorvente

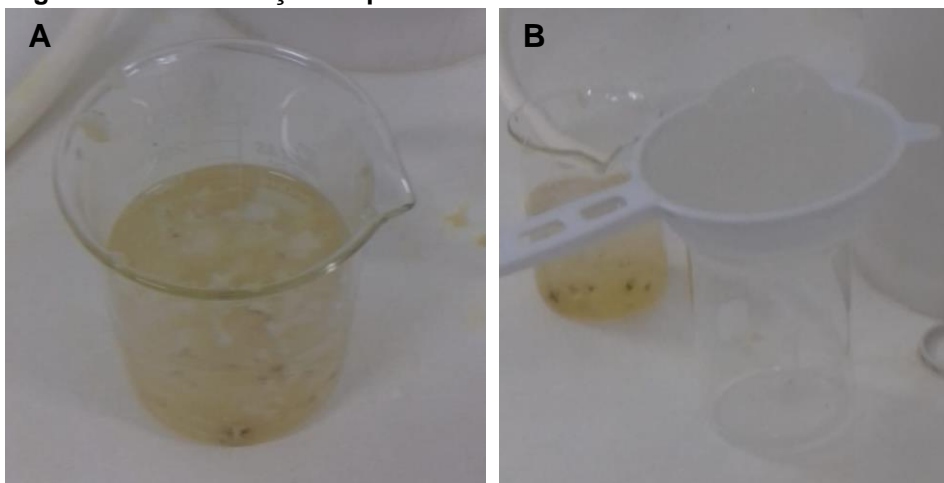
O procedimento baseou-se em reutilizar diversas fraldas descartáveis de criança contendo urina. Com a ajuda de um estilete foi separada a parte dos polímeros superabsorventes do algodão e dos dejetos das fraldas, conforme apresentado na Figura 2. Em seguida, os polímeros superabsorventes foram adicionados em recipientes com água destilada sob agitação magnética durante 15 minutos.

Figura 2. Fralda para extração de hidrogel.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 3. Dessalinização do polímero.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Após o processo de agitação, o procedimento foi repetido por 3 vezes trocando a água destilada, e passado em peneira para retirar o máximo possível

dos sais retidos nas matrizes superabsorventes presentes na urina contida nas fraldas, conforme apresentado na Figura 3. Em seguida, as amostras foram

levadas ao forno mufla a uma temperatura de aproximadamente 110 °C para eliminar qualquer tipo de microrganismo presente.

Após a dessalinização e esterilização, as amostras foram inseridas em uma estufa a 60 °C entre 4-5 dias até a obtenção de massa seca constante. Após este período de secagem as amostras foram acondicionadas em recipientes devidamente fechados para evitar contatos com umidade.

3.2.2 Segunda etapa: Análises hidrofílicas dos polímeros superabsorventes

3.2.2.1 Grau de intumescimento em água destilada

Para analisar o grau de intumescimento em água destilada, pesou-se 0,025 g com precisão de 0,0001, de PSA secos e adicionou-se em pequenos saquinhos de chá. É importante ressaltar que antes das análises de intumescimento os saquinhos de chá foram pesados para obtenção da massa seca e úmida, com o objetivo de obter os valores da quantidade de água absorvida pelos saquinhos de chá e adquirir os valores exatos da quantidade de água retida nas cadeias poliméricas superabsorventes, conforme mostra a Figura 4.

Figura 4. Pesagem do saquinho de chá intumescido.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Em seguida, as amostras foram

imersas em 250 mL de água destilada e pesadas em períodos de tempos pré-determinados.

O grau de intumescimento (Q) em água destilada foi determinado pela Equação 1:

$$Q = \frac{M_t}{M_s} \quad \text{Eq. 1}$$

onde a massa do hidrogel intumescido variando com o tempo é representado por M_t e a massa do hidrogel seco M_s .

3.2.2.2 Grau de intumescimento em soluções salinas

O grau de intumescimento dos polímeros superabsorventes extraído de fraldas de bebês, foram avaliados em diferentes soluções salinas de diferentes concentrações de NaCl (0,025; 0,100; 0,150; 0,200 e 0,300 mol/L) em béqueres de 250 mL.

Em seguida, foi realizada a medição do grau de intumescimento em soluções salinas de cloreto de zinco ($ZnCl_2$), cloreto de bário ($BaCl_2$) e cloreto de sódio (NaCl) com concentração de 0,1 mol/L para cada sal. O procedimento experimental e a equação de determinação do grau de intumescimento estão descritas no item 3.2.2.1.

3.2.2.3 Grau de intumescimento em soluções de cimento

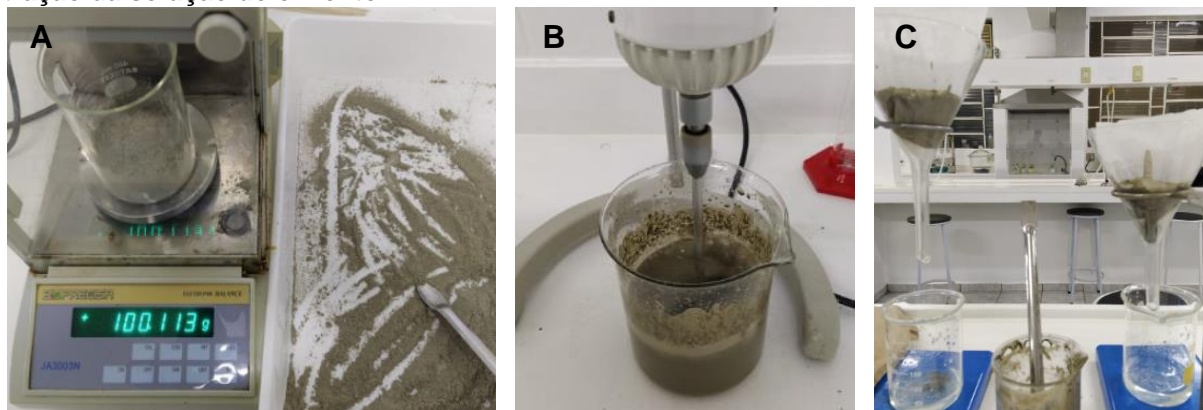
O cimento CZPII Z32 utilizado para a extração da solução foi disponibilizado pelas Faculdades Integradas de Três Lagoas (AEMS). A solução de cimento foi inicialmente preparada em um béquer, contendo 250 g de cimento e 1 L de água destilada, colocados sob agitação mecânica durante 15 minutos, conforme mostra a Figura 5. Em seguida, a mesma solução passou por um filtro de papel, o filtrado foi coletado e alocado em recipientes devidamente fechados.

Após este procedimento, mediu-se 0,0250 g de polímeros superabsorventes em uma balança analítica, com precisão de 0,0001 g e adicionou-se em saqui-

nhos de chá. Em seguida, os saquinhos de chá foram colocados em 200 mL de solução de cimento. A análise foi realizada em triplicata. O intumescimento foi

medido em tempos pré-determinados e a determinação do grau de intumescimento utilizou-se a Equação 1.

Figura 5. Etapas para extração da água do cimento. A. pesagem, B. agitação mecânica e C. filtração da solução do cimento.



Fonte: Elaborado pelos autores.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Medição de grau de intumescimento do PSA em água destilada

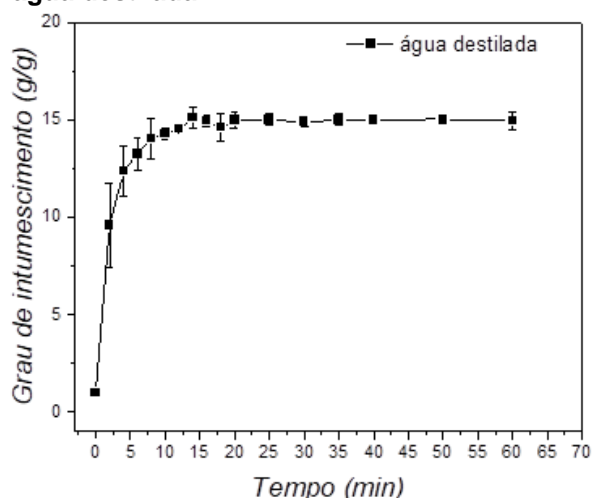
O grau de intumescimento (Q) é uma medida importante em relação aos PSA, pois com este parâmetro pode-se entender o comportamento de expansão das cadeias poliméricas em diferentes meios como água, soluções salinas ou fluidos biológicos. Com a determinação do grau de intumescimento é possível direcionar a aplicação dos polímeros superabsorventes para diferentes áreas (BORTOLIN et al., 2012).

O grau de intumescimento dos polímeros superabsorventes em água destilada em tempos pré-determinados está demonstrado na Figura 6. É importante ressaltar que as medidas foram realizadas em triplicatas para aumentar o nível de confiabilidade dos resultados.

Observa-se na Figura 6, que as amostras analisadas aumentam gradativamente o seu intumescimento até os 30 minutos de análise, a partir desse tempo, o mesmo não apresenta uma variação crescente significativa de absorção de água evidenciando assim, que os polímeros superabsorventes entraram no

estado de equilíbrio.

Figura 6. Grau de intumescimento de (g/g) de água destilada.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Segundo Bortolin et. al. (2012), quando o equilíbrio é atingido o processo de absorção cessa, caracterizando que os hidrogéis pararam de absorver água. O mesmo comportamento é observado nas análises realizadas por Garcia (2018), onde o autor ainda relata que o aumento do grau de intumescimento pode ser influenciado pela presença da nanoargila RDS, um dos componentes adicionado na matriz polimérica.

Nota-se também que após 60

minutos o grau de intumescimento dos polímeros superabsorventes extraídos de fraldas foi de $15,9 \pm 0,7$ g/g. Segundo Jabari, Ghyadah e Alokely (2019), a capacidade de intumescimento em um hidrogel extraído de fraldas de bebês, atingiu o equilíbrio em aproximadamente 100 minutos com uma capacidade de intumescimento de 235 g/g. Os autores relatam que a capacidade de intumescimento dos hidrogéis está diretamente relacionada com interação dos grupamentos COO^- com as moléculas de água, formando ligações de hidrogênio.

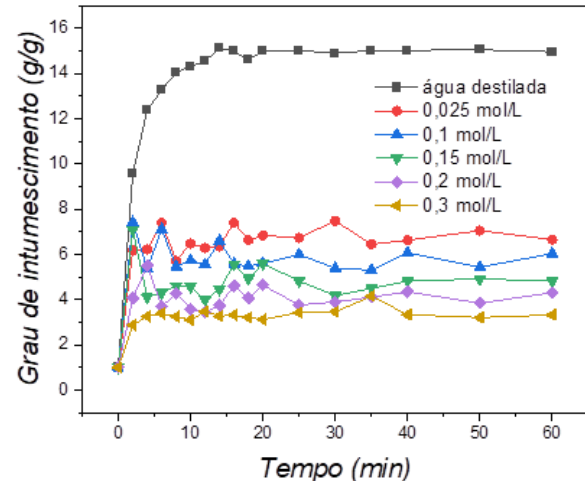
Segundo Orozco et al. (2017) analisaram um polímero superabsorvente extraído de fraldas. E observaram que as amostras entraram em equilíbrio em aproximadamente 30 minutos, com um grau de intumescimento de 189 g/g. Eles descrevem que estes resultados podem ser atribuídos ao fato de que o polímero superabsorvente possui muitos grupamentos hidrofílicos. Portanto, fica evidente que o diferente tipo de polímeros superabsorventes utilizados em fraldas tem comportamento de intumescimento diferentes. Pois diferentes tipos de polímeros podem conter grupos hidrofílicos e grau de reticulação diferentes. Deste modo, os resultados observados neste trabalho referente ao grau de intumescimento podem estar relacionados com o tipo de polímero. Outro fator que pode ter contribuído para o baixo intumescimento observado neste trabalho quando comparado com a literatura é com o procedimento de dessalinização (lavagem) dos hidrogéis extraídos das fraldas. Pois, como observado nas análises do grau de intumescimento em meio salino no item 4.2 e 4.3 a presença de sais interfere no grau de intumescimento dos polímeros superabsorventes.

4.2 Medição do grau de intumescimento em diferentes concentrações de NaCl

Após a análise em água destilada, foi realizada a análise do grau de

intumescimento em soluções de NaCl em diferentes concentrações (0,025; 0,100; 0,150; 0,200 e 0,300 mol/L), conforme mostra a Figura 7.

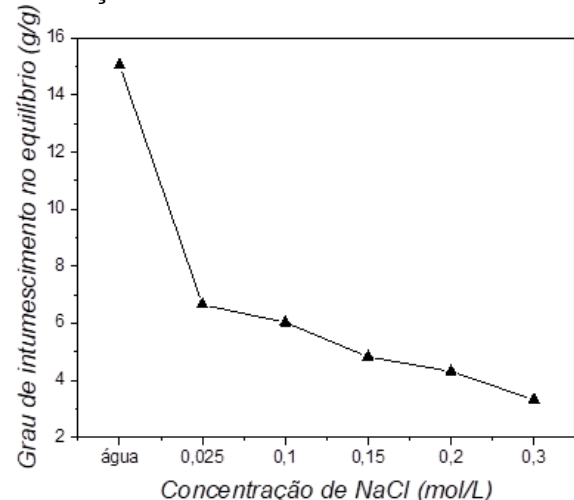
Figura 7. Gráfico de intumescimento (g/g) de água destilada e de diferentes concentrações de NaCl.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Observa-se na Figura 7, uma considerável redução no grau de intumescimento em diferentes concentrações salinas quando comparado com a água destilada. Nota-se também, que as amostras dos polímeros superabsorventes analisadas em diferentes concentrações de NaCl entram em equilíbrio nos 2 e 4 primeiros minutos de análises aproximadamente.

Figura 8. Grau de intumescimento (g/g) de água destilada relacionada às diferentes concentrações de cloreto de sódio.



Fonte: Elaborado pelos autores.

É possível observar na Figura 8 que o grau de intumescimento no equilíbrio para as amostras em soluções contendo 0,025, 0,1, 0,15, 0,2 e 0,3 mol/L de NaCl foram de 6,65, 6,03, 4,82, 4,31 e 3,32 g/g, respectivamente. Portanto, quanto maior a concentração de NaCl na solução, o grau de intumescimento no equilíbrio tende a diminuir gradativamente.

Esta considerável redução do grau de intumescimento em solução de NaCl quando comparando com água destilada ocorre porque os grupos de cátions Na^+ se comporta como uma espécie de blindagem na taxa de intumescimento, ou seja, os cátions interagem com os grupos hidrofílicos da matriz polimérica, diminuindo a quantidade de grupamento disponíveis para a absorção de moléculas de água.

O mesmo comportamento em matrizes poliméricas foi observado pelos autores Yonezawa (2016) e Garcia (2018). No entanto, nos trabalhos realizados por Yonezawa (2016) e Garcia (2018), os hidrogéis analisados continham nanoargila em sua matriz e a redução do grau de intumescimento no equilíbrio em meio salino foram de aproximadamente 25% menor comparado com o de água destilada. Já no presente trabalho realizado a redução do grau de intumescimento no equilíbrio foi de 50%.

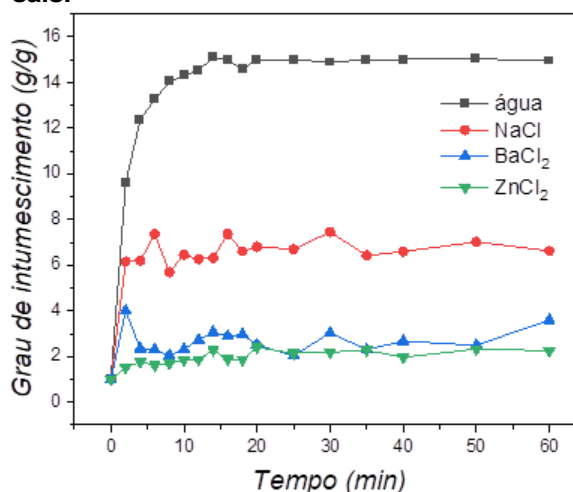
Segundo Garcia (2018), é notável a diminuição da taxa de intumescimento em meio salino, pois está relacionada com a quantidade de íons livre na solução, fazendo com que ocorra uma diminuição na repulsão eletrostática dos compostos iônicos formados na interação dos cátions com os grupos carboxílicos e hidroxílicos. Devido a essa diminuição, há também a redução das cadeias poliméricas, diminuindo o volume dos espaços vazios e a capacidade de absorção de água. E de acordo com Tana et al. (2019), o aumento da concentração salina no meio de intumescimento diminui a capacidade de absorção dos

hidrogéis, segundo os autores este fato acontece pela diferença de pressão osmótica entre a matriz do hidrogel e a solução externa, diminuindo assim a repulsão eletrostática entre ânion-ânion a medida que a concentração da solução salina aumenta.

4.3 Medição do grau de intumescimento em diferentes compostos salinos.

Uma vez que o cimento em sua composição contém diferentes tipos de cátions, a análise da capacidade de intumescimento dos polímeros superabsorventes em diferentes soluções salinas é fundamental para entender como este material irá se comportar perante a diferença de cargas catiônicas. O grau de intumescimento do polímero superabsorvente em soluções de NaCl, BaCl_2 e ZnCl_2 em tempos pré-determinados estão demonstrados na Figura 9. É importante ressaltar que as medidas foram realizadas em soluções contendo 0,1 mol/L dos diferentes tipos de sais.

Figura 9. Grau de intumescimento (g/g) de água destilada e de soluções de diferentes sais.



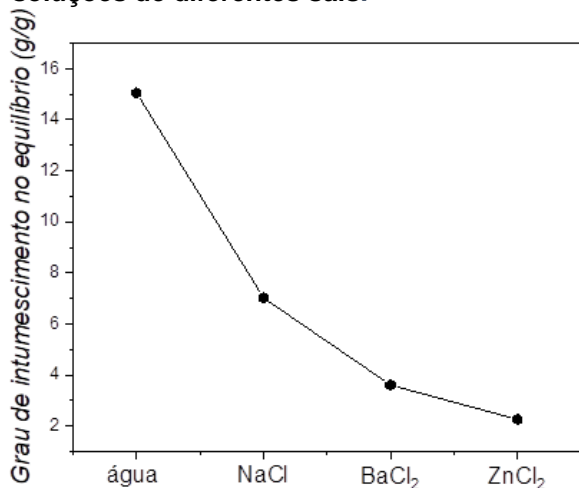
Fonte: Elaborado pelos autores.

É possível observar na Figura 9, um aumento significativo no grau de intumescimento aos 2 primeiros minutos sendo de 6,15 g/g de NaCl e 4,01 g/g de BaCl_2 . Por outro lado, observa-se um incremento bem discreto até os 4

primeiros minutos de análise com relação ao $ZnCl_2$ (1,77 g/g). Logo após esse período, não há uma variação crescente significativa do grau de intumescimento, indicando assim que as amostras analisadas entram no seu estado de equilíbrio.

A Figura 10 mostra o grau de intumescimento em equilíbrio em diferentes soluções salinas. Nota-se, que o aumento da carga iônica faz com que o grau de intumescimento apresente uma redução de aproximadamente 6,63, 3,60 e 2,25 g/g de NaCl, $BaCl_2$ e $ZnCl_2$, respectivamente.

Figura 10. Grau de Intumescimento (g/g) de soluções de diferentes sais.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Tais comportamentos também foram observados por Olad et al. (2020), que analisaram um polímero superabsorvente a base de amido reforçado com nanocristais de celulose. De acordo com os autores o aumento de cátions multivalentes em soluções no meio de intumescimento faz com que o grau de intumescimento decresça. Pois, estes cátions podem formar complexos com os grupos funcionais da matriz polimérica. Aumentando assim, pontos de reticulações iônicas e a densidade de reticulações dentro da rede do hidrogel.

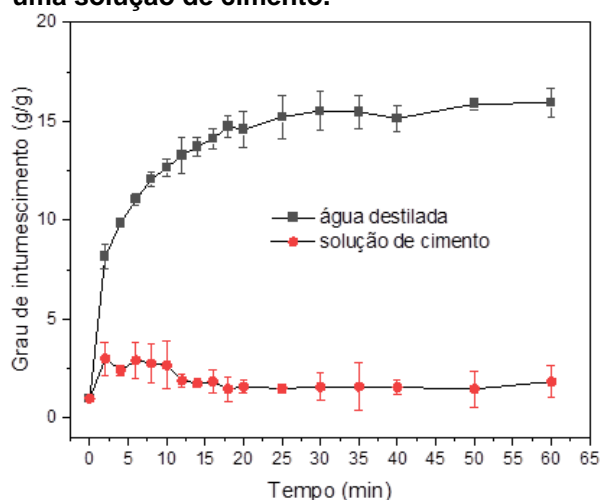
Tanan et al. (2019) analisaram o grau de intumescimento do hidrogel em soluções salinas de NaCl, $MgCl_2$, $CaCl_2$

e $FeCl_3$. Os autores observaram que quanto maior a carga do cátion, menor o grau de intumescimento devido a formação de complexos inter e intramoleculares resultantes da interação dos cátions multivalentes com os grupos COOH. Além disso, segundo Garcia (2018), quanto maior o raio iônico do cátion, as chances de atrair um número maior de moléculas de água aumentam, contribuindo diretamente para o rendimento do grau de intumescimento. Tal comportamento é observado neste trabalho em que ambos os cátions testados apresentaram resultado de grau de intumescimento no equilíbrio de 3,60 para o $BaCl_2$ e 2,25 para o $ZnCl_2$ com raios iônicos de 1,34 e 0,74, respectivamente.

4.4 Intumescimento em solução de cimento

A análise do grau de intumescimento em solução de cimento filtrada está demonstrada na Figura 11. Vale ressaltar que os dados obtidos foram realizados por meio de triplicada para o aumento do nível de confiabilidade dos dados.

Figura 11. Grau de intumescimento (g/g) de água destilada e de água filtrada a partir de uma solução de cimento.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Conforme observado na Figura 11 o grau de intumescimento do polímero superabsorventes em solução de ci-

mento aumenta significativamente para 3,01 g/g nos dois primeiros minutos de intumescimento, mantendo-se constante até os 10 minutos, em que a partir deste momento, nota-se um decaimento e depois de aproximadamente 12 minutos de análise não a mais variação no grau de intumescimento, indicando que o material analisado entra no seu estado de equilíbrio.

É notável também que o grau de intumescimento em água destilada é relativamente maior ($15,9 \pm 0,7$) do que o grau de intumescimento da solução filtrada a partir de uma solução de cimento ($1,8 \pm 0,8$), isso ocorre devido aos íons presentes na solução, obtendo um comportamento parecido com o grau de intumescimento descrito no item 4.3. Sendo assim, fica evidente que as análises de hidrofílicas do polímero superabsorvente proporcionaram uma melhor compreensão deste material para uma possível incorporação em materiais cimentícios.

5 CONCLUSÕES

No presente estudo, foi possível extrair polímeros superabsorventes de fraldas contendo urina e caracterizá-los para uma possível aplicação no cimento. A análise de grau de intumescimento em água destila, permitiu observar um comportamento de absorção atraente quando se almeja uma possível aplicação em pasta de cimento.

Observou ainda que o grau de intumescimento em solução salina diminui e, além disso, o aumento da carga iônica e o raio iônico também influenciou na absorção de água. Notou-se ainda, que em solução de cimento o grau de intumescimento reduz consideravelmente em relação a água destila.

Os resultados obtidos evidenciam, que o reaproveitamento dos polímeros superabsorventes de fraldas possui características hidrofílicas promissoras, que podem gerar diversos pontos positivos em relação a mitigação, proprie-

dades mecânicas e a possível anulação da retração autógena em cimento, demonstrando ser um material de reaproveitamento com potencial para a aplicação na construção civil. Entretanto é importante ressaltar que mais estudos devem ser realizados para compreender o comportamento deste material quando adicionado ao cimento.

REFERÊNCIAS

AKHTAR, M. F.; HANIF, M.; RANJHA, N. M. Methods of synthesis of hydrogels. Saudi Pharmaceutical Journal, Pakistan, p. 554-559, mar. 2016.

AL-JABARI, M.; GHYADAH, R. A.; ALOKELY, R. Recovery of hydrogel from baby diaper wastes and its application for enhancing soil irrigation management. Journal of Environmental Management, Palestine, p. 255-261, dez. 2019.

ASSMANN, A. Physical properties of concrete modified with superabsorbent polymers. 2013. 199 f. Dissertação (Doutorado em Engenharia) - Faculdade de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Stuttgart, Stuttgart.

BENTZ, D. P.; LURA, P.; ROBERTS, J. W. Mixture Proportioning for Internal Curing. Concrete International, [S.l.: s.n], p. 35-40, fev. 2005.

BEUSHAUSEN, H.; GILLMER, M.; AL-EXANDER, M. The influence of superabsorbent polymers on strength and durability properties of blended cement mortars. Cement and Concrete Composites, South Africa, v. 52, p. 73-80, abr. 2014.

BORTOLIN, et al. Investigação do processo de absorção de água de hidrogéis de polissacarídeo: efeito da carga iônica, presença de sais, concentrações de monômero e polissacarídeo. Polímeros, São Carlos, v. 22 n. 4, p. 311-317, 2012.

BUCHHOLZ, F. L.; GRAHAM, A. T. Modern Superabsorbent Polymer Technology. 1. Ed. [S.I]: Wiley-Blackwell, 1997.

CALESCO et al. Efeito da adição de nanocompósito híbrido baseado em hidrogel de polissacarídeo e nanoargila nas propriedades nos estados fresco e endurecido de argamassas cimentícias. *Cerâmica*, v. 68, p. 97-107, mar. 2022.

CILLI, S. L. Otimização de metodologia de obtenção de pastas cimentícias contendo hidrogéis. *JETI, Ilha Solteira*, v.2, n. 1, p. 1-9, abr. 2019.

DUMITRIU, S.; VIDAL, P. F.; CHORNET, E. Polysaccharides in Medicinal Applications. 1. ed. Nova York: CRC Press, 1996.

ESTEVES, L. On the absorption kinetics of Superabsorbent Polymer. *Int. RILEM Conf. on Use of Superabsorbent Polymers and Other New Additives in Concrete*, Lyngby, p. 15-18, ago. 2010.

EXAME. Lixo de brasileiros em 2022 equivale a 85 milhões de carros populares. 2023. Disponível em: <<https://exame.com/ciencia/lixo-de-brasileiros-em-2022-equivale-a-85-milhoes-de-carros-populares/>>. Acesso em: 11 jun. 2023.

FERNÁNDEZ-CAÑÓN et al. The molecular basis of alkaptonuria. *Nature Genetics*, [S.I], v. 14, p. 19-24, 1996.

FERNANDES, R. da S. et al. Development of alginate/starch-based hydrogels crosslinked with different ions: Hydrophilic, kinetic and spectroscopic properties. *Materials Today Communications*, v. 21, set. 2019.

FILHO, A. W. et al. Physicochemical properties of hybrid biodegradable silica-hydrogel composites. *Materials Research*, v. 26 maio 2023.

FILHO, J. O. Avaliação da resistência à compressão do concreto através de testemunhos extraídos: contribuição à estimativa do coeficiente de correção devido aos efeitos do bloqueamento. 440 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2007.

GALVÃO, J. C. Uso de materiais poliméricos reciclados em estruturas de concreto para superfícies hidráulicas. 130 f. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência dos Materiais) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2010.

GARCIA, J. A. Síntese e caracterização de novos bionanocompósitos híbridos constituídos por polissacarídeo carboximetilcelulose e nanoargila com possível aplicação para remoção ou liberação controlada de defensivo agrícola paraquat. 117 f. Tese (Pós-Graduação em Ciência dos Materiais) – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira. 2007.

GOMES, A. P. Produção de polímeros termoplásticos vulcanizados utilizando pó de pneu tratado com PECVD. 70 f. Dissertação (Graduação em Engenharia dos Materiais) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro). 2017.

JENSEN, O. H. A dilatometer for measuring autogenous deformation in hardening. *Materials and Structures*, [S.I], v. 28, p. 406–409, ago. 1995.

JOÃO, F. A. A influência do polímero superabsorvente nas propriedades de concreto convencional. 161 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia dos Materiais) – Centro de Ciências, Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville. 2015.

JUNIOR, P. F. Estudo da estabilidade dimensional de concretos de alta

resistência com adição de polímero superabsorvente e nanopartículas de sílica. 345 f. Tese (Doutorado em Estruturas e Construção Civil) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília. 2017.

KLEMM, A. E. Freeze/thaw performance of polymer modified cementitious mortars exposed to NaCl solution. Restoration of Buildings and Monuments. [S.l.], v. 18, p. 1-8, 2012.

NELSON, D.; COX, M. Princípios de Bioquímica de Lehninger. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.

LIM, F.; SUN, A. Microencapsulated islets as bioartificial endocrine pancreas. Science, Estados Unidos Da América, v. 210, n. 4472, p. 908-910, nov. 1980.

MANZANO, M. A. R. et al. Mecanismo de atuação dos polímeros superabsorventes como agentes de cura interna para mitigar a retenção autógena em concreto de alta resistência (CAR) – Estado da arte. Revista Matéria, Rio de Janeiro, v. 26, n. 2, abr. 2021.

MARQUES, L. O que são polímeros e porque são interessantes? Evora, Portugal, p. 1-3, jan. 2009.

MÖNNIG, S. Superabsorbing additions in concrete: applications, modelling and comparison of different internal water sources. 168 f. Dissertação (Doutorado em Engenharia) – Faculdade de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Stuttgart, Stuttgart. 2009.

MOURA, J. M. Placas cimentícias e paviers com incorporação de rejeitos da coleta seletiva do município de Blumenau/SC. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 18. N. 1, p. 345-359, jan. 2018.

NASSER, R. O. et al. Correlação entre a capacidade de inchamento e as

características estruturais de polímeros superabsorventes. 9º Congresso Brasileiro de Polímeros, Campina Grande, v. 9, p. 1-6, out. 2007.

OLAD, A.; DOUSTDAR, F.; GHAREKHAM, H. Fabrication and characterization of a starch-based superabsorbent hydrogel composite reinforced with cellulose nanocrystals from potato peel waste. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspect, Iran, n. 124962. maio 2020.

OLIVEIRA, N. Aumento da produção de lixo no Brasil requer ação coordenada entre governos e cooperativas de catadores. Agência Senado. 2021. Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/noticias/infomaterias/2021/06/aumento-da-producao-de-lixo-no-brasil-requer-acao-coordenada-entre-governos-e-cooperativas-de-cata-dores>>. Acesso em: 11 jun. 2023.

OROZCO, R. S. et al. Valorization of superabsorbent polymers from used disposable diapers as soil moisture retainer. International Journal of Research – Granthaalayah, [S.l.], p. 105-117, maio 2017

SCHRÖF, C.; MECHTCHERINE, V.; GORGES, M. Relation between the molecular structure and the efficiency of superabsorbent polymers (SAP) as concrete admixture to mitigate autogenous shrinkage. Cement and Concrete Research, [S.l.], v. 42, n. 6, p. 865-973, jun. 2012.

SIQUERI V. A. S. et al. Effect of hydrogel nanocomposites on the fresh and hardened properties of cementitious pastes. Macromolecular Symposia, v. 394, p. 1-6, 2020.

TANAKA, F. C. Correlating pH and swelling degree parameters to understand the sorption and desorption process of

diquat herbicide from nanocomposites based on polysaccharide and clinoptilolite. *Journal of Polymers and the Environment*, v. 29, p. 3389-3400, mar. 2021.

TANAN, W.; PANICHPAKDEE, J.; SAENGSUWAN, S. Novel biodegradable hydrogel based on natural polymers: Synthesis, characterization, swelling/re-swelling and biodegradability. *European Polymer Journal*, [S.l.], v. 112, p. 678-687, mar. 2019.

WWF. Brasil é o 4º país do mundo que

mais gera lixo plástico. Disponível em: <<https://www.wwf.org.br/?70222/Brasil-e-o-4-pais-do-mundo-que-mais-gera-lixo-plastico>>. Acesso em: 15 set. 2019.

YONEZAWA, U. G. Síntese, caracterização e aplicação de hidrogéis nanoestruturados contendo nanoargila para melhorar a germinação e qualidade de muda de hortaliça. 87 f. Dissertação (Pós-Graduação em Ciência dos Materiais) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira. 2016.