Revista Perquirere, vol. 23, n. 2: 83-100, 2026
© Centro Universitário de Patos de Minas
https://revistas.unipam.edu.br/index.php/perquirere

Concreto de alto desempenho (CAD) com o uso de polímero superabsorvente

High-performance concrete (HPC) using superabsorbent polymer

THALLES SOARES DE SOUSA
Discente de Engenharia Civil (UNIPAM)
thallesss@unipam.edu.br

SHEILLA PEREIRA VIEIRA
Professora orientadora
sheilapv@unipam.edu.br

Resumo: O presente trabalho investigou os efeitos da adição de polímero superabsorvente (PSA) como agente de cura interna em concretos de alto desempenho (CAD). Foram produzidos três concretos com teores de 0%, 0,2% e 0,3% de PSA, utilizando agregados de quartzo e traço base de Silva e Kardec (2017). Os concretos foram avaliados nos estados fresco e endurecido por meio de ensaios de trabalhabilidade, resistência à compressão e resistência à tração na flexão, realizados aos 7 e 28 dias. Os resultados mostraram que a incorporação do PSA reduziu a fluidez da mistura, mas proporcionou melhor hidratação interna e um desempenho mecânico de aproximadamente 2,5% ao longo do tempo. O teor de 0,2% apresentou o melhor equilíbrio entre trabalhabilidade e resistência, indicando maior eficiência na cura interna. Concluiu-se que o uso controlado de PSA contribui para minimizar a retração autógena e melhorar a durabilidade do CAD, apresentando-se como alternativa promissora para concretos de elevada performance.
Palavras-chave: CAD; polímero superabsorvente; retração; resistência.

Abstract: This study investigated the effects of adding superabsorbent polymer (SAP) as an internal curing agent in high-performance concrete (HPC). Three concrete mixtures were produced with SAP contents of 0%, 0.2%, and 0.3%, using quartz aggregates and the reference mix design proposed by Silva and Kardec (2017). The concretes were evaluated in the fresh and hardened states through workability, compressive strength, and flexural tensile strength tests, performed at 7 and 28 days. The results showed that the incorporation of SAP reduced the fluidity of the mixture, but provided better internal hydration and an improvement of approximately 2.5% in mechanical performance over time. The 0.2% content showed the best balance between workability and strength, indicating greater efficiency in internal curing. It was concluded that the controlled use of SAP contributes to minimizing autogenous shrinkage and improving the durability of HPC, presenting itself as a promising alternative for high-performance concrete.
Keywords: HPC; superabsorbent polymer; shrinkage; strength.

1 INTRODUÇÃO

O Concreto de Alto Desempenho (CAD) tem ganhado destaque na engenharia civil por apresentar elevada resistência, durabilidade e baixa permeabilidade, possibilitando estruturas mais esbeltas e duráveis. Segundo Neville e Brooks (2013), o CAD é altamente denso e possui poros reduzidos, o que dificulta a penetração de água durante a cura úmida, resultando em problemas como a retração autógena. Para minimizar esses efeitos, pesquisas vêm explorando a incorporação de novos materiais ao CAD.

Entre as alternativas estudadas, os polímeros superabsorventes (PSAs) se destacam pela capacidade de absorver e liberar água gradualmente, promovendo cura interna eficiente e reduzindo a retração autógena. Além disso, a utilização de agregados como areia e pó de quartzo contribui para o desempenho do CAD.

A pesquisa justifica-se pela busca de soluções que aprimorem as propriedades do CAD e ampliem sua aplicação na engenharia civil. O estudo investiga o uso de PSAs como estratégia complementar para melhorar o comportamento mecânico e a durabilidade do material.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 CONCRETO DE ALTO DESEMPENHO (CAD)

Entre os diversos tipos de concretos, têm-se o concreto de alto desempenho (CAD), inicialmente denominado concreto de alta resistência. Ele pode ser entendido como um concreto de alta durabilidade, baixa permeabilidade e alta resistência, acima de 80 MPa, possibilitando a redução da seção de pilares ou a redução da quantidade de aço para uma mesma seção transversal. Em edifícios altos, existe uma vantagem econômica devido ao aumento de área do pavimento para comercialização; em pontes, o uso da alta resistência pode reduzir o número de vigas (Neville; Brooks, 2013).

O termo desempenho caracteriza o fato de que um produto deve apresentar certas propriedades a fim de cumprir sua função quando sujeito a determinadas influências ou ações durante sua vida útil. Essas influências ou ações são denominadas condições de exposição a que o empreendimento, o edifício, seus elementos construtivos e todos os materiais de construção serão submetidos, durante sua vida útil (Isaia *et al*., 2010).

2.1.1 Materiais utilizados em sua composição

2.1.1.1 Cimento Portland

Conforme a ABNT NBR 16697:2018, o cimento Portland é um ligante hidráulico obtido pela moagem de clínquer Portland, ao qual se adiciona, durante o processo de fabricação, a quantidade necessária de uma ou mais formas de sulfato de cálcio e adições minerais nos teores definidos para cada tipo de cimento.

2.1.1.2 Aditivos

A ABNT NBR 11768-1:2019 define aditivos para concreto como um produto adicionado e misturado em pequenas quantidades, geralmente não superior a 5% da massa total de ligante (cimento Portland e adições minerais) contido no concreto, com o objetivo de modificar algumas de suas propriedades no estado fresco e/ou endurecido.

Para um concreto de alto desempenho (CAD), é usual empregar-se o aditivo superplastificante, porque, segundo Petrucci (1975), ele tem por finalidade melhorar a plasticidade dos concretos, ou então, a redução da quantidade de água, diminuindo a retração, aumentando a resistência e economizando aglomerante.

2.1.1.3 Adição

De acordo com Isaia *et al.* (2011), as adições minerais, de acordo com sua ação físico-química, podem ser classificadas em três grandes grupos: material pozolânico, material cimentante e fíler.

A ABNT NBR 12653:2014 define materiais pozolânicos como materiais silicosos ou silicoaluminosos, que, sozinhos, possuem pouca ou nenhuma propriedade ligante, mas que, quando finamente divididos e na presença da água, reagem com o hidróxido de cálcio à temperatura ambiente, formando compostos com propriedades ligantes.

2.1.1.4. Agregados

Entende-se por agregado o material granular, sem forma e volume definidos, geralmente inerte, de dimensões e propriedades adequadas para uso em obras de engenharia. São agregadas as rochas britadas, os fragmentos rolados no leito dos cursos d'água e os materiais encontrados em jazidas, provenientes de alterações de rocha (Mehta; Monteiro, 2008).

Os agregados desempenham um importante papel nos concretos, do ponto de vista econômico, do ponto de vista técnico. Exercem influência benéfica sobre alguns característicos importantes, como retração, aumento da resistência ao desgaste etc., sem prejudicar a resistência aos esforços mecânicos, pois os agregados de boa qualidade têm resistência mecânica superior à da pasta de aglomerante (Petrucci, 1975).

2.1.1.5 Água de amassamento e de cura

A água utilizada na produção de concretos deve estar de acordo a ABNT NBR 15900-1:2009, sendo que a água potável é considerada adequada, e demais tipos de águas devem ser ensaiadas para verificar se atendem aos requisitos previstos nesta norma.

A qualidade da água é um fator importante, pois suas impurezas podem interferir na pega do cimento, afetar negativamente a resistência do concreto ou causar manchamento de sua superfície, podendo levar à corrosão das armaduras. Em geral, a água satisfatória para amassamento também é adequada para a cura (Neville; Brooks, 2013).

2.2 POLÍMERO SUPERABSORVENTE UTILIZADOS EM MATERIAIS CIMENTÍCIOS

Os polímeros superabsorventes (PSAs) são um grupo de materiais poliméricos sintéticos que têm a capacidade de absorver uma quantidade significativa de líquido a partir do ambiente e de reter este líquido dentro da sua estrutura sem se dissolver. Os PSAs podem apresentar uma absorção de água de até 5000 vezes o seu próprio peso (Jensen; Hansen, 2001).

A eficiência dos PSAs na mitigação da retração autógena nos materiais cimentícios de alta resistência envolve o mecanismo de liberação da água armazenada no polímero que leva a um aumento da umidade relativa interna e promove a hidratação. Para um melhor entendimento do conceito da utilização dos PSAs como agentes de cura interna como estratégia mitigadora da retração autógena em materiais cimentícios, é fundamental o conhecimento da cinética da migração de água dentro e fora das partículas de polímero (Manzano, 2016).

2.2.1 Cura

A cura de um concreto objetiva fundamentalmente garantir a continuidade das reações de hidratação do cimento e minimizar os efeitos da retração, assegurando o crescimento da resistência ao longo do tempo e minimizando os efeitos da retração que se traduzem sempre pelo aparecimento de fissuras (Isaia *et al*., 2011).

2.2.2 Mecanismos de atuação do PSA em materiais cimentícios

A eficiência dos PSAs na mitigação da retração autógena nos materiais cimentícios de alta resistência envolve o mecanismo de liberação da água armazenada no polímero que leva a um aumento da umidade relativa interna e promove a hidratação. Para um melhor entendimento do conceito da utilização dos PSAs como agentes de cura interna como estratégia mitigadora da retração autógena em materiais cimentícios, é fundamental o conhecimento da cinética da migração de água dentro e fora das partículas de polímero (Manzano, 2016).

2.2.2.1 Absorção e dessorção

O volume de poros no concreto é medido pela absorção e é diferente da facilidade com a qual os fluidos podem penetrar no concreto. Essas duas grandezas não estão necessariamente relacionadas. A absorção normalmente é medida pela secagem de um corpo de prova até atingir uma massa constante, seguida por sua imersão em água e pela verificação do aumento de massa como uma porcentagem da massa seca (Neville, 2016)

Na dessorção, ocorre o fluxo inverso, ou seja, da parte interna do PSA para o meio cimentício, que está menos saturado em comparação ao interior do polímero devido ao consumo de água pelas reações de hidratação. Dessa forma, o polímero superabsorvente libera a água armazenada internamente para a massa, o que provoca a redução do seu aumento e a diminuição do seu volume.

2.3 DOSAGEM

No concreto de alto desempenho, o propósito do método de dosagem é indicar qual a melhor combinação entre os constituintes do CAD e a melhor proporção entre eles, visando obter um bom equilíbrio entre os materiais e as propriedades de cada um (Aitcin, 2000).

2.4 PROPRIEDADES DO CONCRETO NO ESTADO FRESCO

São propriedades do concreto fresco: a consistência, a textura, a trabalhabilidade, a integridade de massa, o poder de retenção da água e a massa específica (Petrucci, 1975).

Devido ao fato de que traços com relação água/aglomerante muito baixas tendem a ser muito coesivos; em alguns casos, muito viscosos, o CAD tende a se espalhar além da base padronizada na qual o ensaio de abatimento é realizado, exigindo adaptações nos ensaios convencionais (Aitcin, 2000).

2.5 RESISTÊNCIA DO CONCRETO NO ESTADO ENDURECIDO

Os ensaios de resistência à compressão do CAD são realizados conforme a ABNT NBR 5739:2018. Segundo Aitcin (2000), é possível obter alta resistência à compressão inicial no CAD atingindo valores entre 20 e 30 MPa, em 24 horas, em CAD com relação água/aglomerante entre 0,30 e 0,35 e temperatura ambiente em torno de 20 ºC. Porém a temperatura do CAD aumenta significativamente durante as primeiras 24 a 48 horas após o lançamento, atingindo em torno de 65 a 70 ºC. Assim, aumenta a possibilidade de ocorrer a chamada regressão da resistência dos corpos de prova de CAD devido à autossecagem.

Para o ensaio de resistência à tração por compressão diametral, deve-se utilizar a ABNT NBR 7222:2011 com os mesmos procedimentos empregados no concreto convencional. Porém no CAD é mais frequente a superfície de ruptura se desenvolver por esmagamento do agregado graúdo do que na interface agregado graúdo/argamassa, já que normalmente é o elo mais fraco no concreto convencional (Aitcin, 2000).

3 METODOLOGIA

A pesquisa consistiu em analisar os efeitos da adição de polímeros superabsorventes no processo de cura interna do concreto de alto desempenho. Dividiu-se em: escolha e caracterização dos materiais utilizados, definição do traço padrão e utilização do PSA, preparo e moldagem dos corpos-de-prova e ensaios do CAD nos estados fresco e endurecido.

A coleta de dados inicialmente foi realizada por pesquisa bibliográfica e na sequência através da análise experimental realizada em laboratório. Foi utilizada uma abordagem quantitativa para análise dos dados de ensaios e uma abordagem qualitativa para observações e discussões dos resultados encontrados.

3.1 ESCOLHA E CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS UTILIZADOS

Na pesquisa foram utilizados materiais de diferentes origens, e alguns restritos à pesquisa foram escolhidos por critérios de desempenho, conforme as propriedades esperadas do Concreto de Alto Desempenho (CAD).

3.1.1 Cimento Portland

O cimento Portland escolhido foi o CPB-40, da marca Axton, adquirido por compra online devido ao difícil acesso e indisponibilidade no mercado da construção civil de Patos de Minas (MG). Esse cimento é constituído de clínquer Portland branco e cujas adições (sulfato de cálcio ou outras) não geram alterações em sua coloração. As especificações técnicas desse cimento estão contidas na ABNT NBR 16697:2018 assim como os limites para composição dele e as demais especificações químicas, físicas e mecânicas.

A massa específica do cimento foi analisada de acordo com a ABNT NBR 16605:2017 por meio do frasco volumétrico de Le Chatelier. O método consiste em determinar a massa específica através de uma massa já preestabelecida do cimento e analisar o volume deslocado no frasco de um líquido quando é introduzida a amostra.

3.1.2 Agregados

Os agregados utilizados na produção do CAD são areias de quartzo e pó de quartzo e suas caracterizações foram realizadas com base em Silva e Kardec (2017).

3.1.3 Aditivo Superplastificante

Nesta pesquisa, foi utilizado o aditivo superplastificante ADVA® 458 UHPC, fornecido pela empresa Chryso Saint-Gobain. Trata-se de um redutor de água tipo 2, com propriedades de acelerador de pega (RA2-A) e acelerador de resistência (AR), em conformidade com as especificações estabelecidas pela ABNT NBR 11768-1:2019.

3.1.4 Polímero superabsorvente

O polímero superabsorvente que foi utilizado na pesquisa foi desenvolvido na Universidade Técnica da Dinamarca (DTU) pelo professor e pesquisador Ole Meschede Jensen. Trata-se de um polímero do tipo ácido acrílico/acrilamida, com ligações cruzadas covalentes, produzido pela técnica de polimerização por suspensão inversa (Jensen e Hansen, 2001). O material foi obtido por doação da professora Doutora Eugênia Fonseca da Silva, da Universidade de Brasília (UnB), a qual desenvolve diversas pesquisas sobre o tema, como os estudos de Santos (2016) e Manzano (2016), utilizados como referência nesta pesquisa.

3.1.5 Adição

A sílica ativa da marca DOW foi utilizada como adição mineral ao concreto com o objetivo de aprimorar suas propriedades mecânicas e de durabilidade. Trata-se de um subproduto da indústria metalúrgica, rico em dióxido de silício (SiO_2) na forma amorfa e com partículas extremamente finas, o que proporciona alta área superficial específica e intensa atividade pozolânica.

3.1.6 Água

A água adicionada à mistura foi proveniente da companhia de abastecimento de água da cidade de Patos de Minas (MG) e segue as especificações da ABNT NBR 15900-1:2009.

3.2 MÉTODO DE DOSAGEM

Para a dosagem do concreto de alto desempenho, adotou-se o traço desenvolvido por Silva e Kardec (2017), mantendo as proporções de cimento, agregados e aditivos indicadas no estudo, garantindo as propriedades esperadas do CAD. A composição detalhada dos traços utilizados é apresentada na Tabela 1.

Após a definição do traço padrão para a produção do Concreto de Alto Desempenho (CAD), foi realizada a adição do polímero superabsorvente (PSA) nos teores de 0,2% e 0,3% em relação à massa de cimento Portland, conforme proposto por Manzano (2016), e a análise do processo de evolução da resistência mecânica após os tempos estabelecidos para cura.

Tabela 1: Composição do Concreto

MATERIAIS	TRAÇO 1 - REF		TRAÇO 2 - 0,2% PSA		TRAÇO 3 - 0,3% PSA	
	QUANTIDADE (kg/m³)	TRAÇO	QUANTIDADE (kg/m³)	TRAÇO	QUANTIDADE (kg/m³)	TRAÇO
Cimento Branco Estrutural Axton	617,30	1,00	617,30	1,00	617,30	1,00
Areia de Quartzo 1	408,00	0,66	408,00	0,66	408,00	0,66
Areia de Quartzo 2	679,00	1,10	679,00	1,10	679,00	1,10
Sílica ativa	154,30	0,25	154,30	0,25	154,30	0,25
Pó de Quartzo	271,60	0,44	271,60	0,44	271,60	0,44
Aditivo ADVA 458 UHPC	30,90	0,05	30,90	0,05	30,90	0,05
Água	138,90	0,23	138,90	0,23	138,9	0,225
PSA	-	-	1,2346	0,002	1,8519	0,003
Água Hidra.PSA	-	-	18,519	0,03	27,7785	0,045

1. Adotou-se o valor de 15g de água para 1g de PSA para sua absorção (Santos, 2016).

Fonte: dados da pesquisa, 2025.

3.2.1 Mistura

Devido à baixa trabalhabilidade do traço proposto por Silva e Kardec (2017), adotou-se o processo de mistura desenvolvido pelos autores, o qual foi adaptado a partir do modelo de Santos (2016), conforme Quadro 2.

Quadro 1: Roteiro de mistura do CAD

Tempo	Ação	Duração
-25:00 - 00:00	Pesar os materiais separadamente, incluindo PSA e água do PSA	25 min
00:00 - 00:30	Misturar o cimento e o pó de quartzo dentro de um vasilhame até a completa homogeneidade do material	30 seg
00:30 - 00:45	Misturar o aditivo na água (≈ 60%) e em seguida despejar na bacia do misturador	15 seg
00:45 - 01:00	Adicionar o cimento e o pó de quartzo na bacia	15 seg
01:00 - 02:00	Misturar tudo em velocidade 1	1 min
02:00 - 03:30	Misturar tudo em velocidade 2, desligando-se em seguida	1,5 min
03:30 - 04:00	Raspar com auxílio de uma espátula todo o material aderido na borda da bacia e na pá do misturador	30 seg
04:00 - 04:30	Misturar na velocidade 2	30 seg
04:30 - 05:30	Misturar na velocidade 3	1 min
05:30 - 06:00	Misturar na velocidade 1	30 seg
06:00 - 07:00	Adicionar as areias, sílica ativa e PSA, vagarosamente, com o misturador ligado em velocidade 1	1 min
07:00 - 16:00	Ajustar a velocidade 3 e adicionar o restante da água + água do PSA vagarosamente	9 min

Fonte: dados da pesquisa, 2025.

Assim, além das rotinas específicas definidas no processo de mistura, foi utilizada uma argamassadeira planetária para a homogeneização e preparo das amostras. O equipamento possui três diferentes velocidades de mistura e é composto por cuba com capacidade de 20 litros e batedor do tipo raquete, ambos confeccionados em aço inoxidável, conforme os requisitos da norma ABNT NBR 13320:2012.

3.2.2 Moldagem e cura dos corpos de prova

Após o preparo do concreto no Laboratório de Análises Tecnológicas de Materiais de Construção do Centro Universitário de Patos de Minas, foi realizada a moldagem dos corpos de prova prismáticos com dimensões 4 cm x 4 cm x 16 cm, os quais foram adensados em duas camadas com 30 golpes em cada, com auxílio do soquete padrão.

Após a moldagem, foram colocados sobre os corpos de prova uma placa de vidro para manter nivelada a superfície e impedir a perda de água. Após, foi desmoldado com 24 horas e iniciado o procedimento de cura submersa seguindo as determinações da ABNT NBR 5738:2015.

3.3 ENSAIOS DO CONCRETO NO ESTADO FRESCO

No estado fresco, foi realizado o ensaio de determinação do índice de consistência por meio da mesa de adensamento, conforme a ABNT NBR 13276:2016, que é o método para determinar a fluidez da mistura através da medida de seu assentamento. O valor obtido serviu como parâmetro para os diferentes traços analisados.

3.4 ENSAIOS DO CONCRETO NO ESTADO ENDURECIDO

Para comparar as propriedades mecânicas do concreto, foram realizados ensaios no Laboratório de Resistência dos Materiais, do Centro Universitário de Patos de Minas, utilizando a Prensa Universal da marca EMIC. O corpo de prova prismático foi submetido a uma aplicação de carga até o mesmo ir à ruptura.

Os ensaios de compressão e tração na flexão seguiram a ABNT NBR 13279:2005 e foram realizados após 7 e 28 dias de cura, sendo utilizados para cada idade 6 corpos de prova para resistência à compressão e 3 corpos de prova para resistência à tração na flexão.

Para a realização dos ensaios propostos, foi elaborado um planejamento com a quantidade de corpos de prova necessários, distribuídos conforme o tipo de ensaio e os respectivos prazos de rompimento, Quadro 3. Esse planejamento teve como objetivo permitir uma avaliação precisa do desempenho do concreto ao longo do tempo.

Quadro 2: Quantidade de corpos de prova

CP	**Resistência**			
	Compressão		**Tração na Flexão**	
	7 dias	**28 dias**	**7 dias**	**28 dias**
Concreto Padrão (sem PSA)	6 CP	6 CP	3 CP	3 CP
Concreto 0,2% PSA	6 CP	6 CP	3 CP	3 CP
Concreto 0,3% PSA	6 CP	6 CP	3 CP	3 CP

Fonte: dados da pesquisa, 2025.

Posteriormente, os resultados obtidos foram analisados e discutidos com foco na influência da adição do polímero superabsorvente no processo de cura interna do concreto de alto desempenho.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CIMENTO PORTLAND

O cimento Portland utilizado nesta pesquisa foi adquirido com recursos próprios dos pesquisadores, sendo empregado como principal aglomerante na produção dos corpos de prova. Suas características químicas, físicas e mecânicas, bem como os limites estabelecidos em norma, estão apresentadas no Quadro 5. Para complementar a

caracterização, realizou-se o ensaio de massa específica pelo método do frasco volumétrico de Le Chatelier, cujos resultados estão apresentados no Quadro 4.

Quadro 4: Resultado Massa Específica do Cimento

	ENSAIO 1	ENSAIO 2
Volume inicial frasco (cm^3)	1,0	1,0
Volume inicial frasco (cm^3)	20,3	20,4
Quantidade de cimento (g)	60,0	60,2
Massa específica (g/cm^3)	2,97	2,97
MÉDIA	2,97	

Fonte: dados da pesquisa, 2025.

Quadro 5: Caracterização CPB-40

LIMITES DE COMPOSIÇÃO	PORCENTAGEM EM MASSA
Clínquer + sulfatos de cálcio	75 - 100
Material carbonático	0 - 25
REQUISITOS QUÍMICOS	PORCENTAGEM EM MASSA
Resíduo insolúvel (IR)	≤ 3,5
Perda ao fogo (PF)	≤ 12,0
Óxido de magnésio (MgO)	≤ 6,5
Trióxido de enxofre ($S0_3$)	≤ 4,5
REQUISITOS FÍSICOS	
Finura peneira #75 (%)	≤ 6,0
Tempo início de pega (min)	≥ 60
Expansibilidade a quente (mm)	≤ 5
REQUISITOS MECÂNICOS	
RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	(MPa)
3 dias	≥ 15,0
7 dias	≥ 25,0
28 dias	≥ 40,0

Fonte: ABNT NBR 16697:2018.

4.2 AGREGADO

O agregado miúdo (areia de quartzo) foi fornecido pelo Laboratório de Análises Tecnológicas de Materiais de Construção do Centro Universitário de Patos de Minas, o qual também disponibilizou sua infraestrutura para a execução da pesquisa.

Para a determinação das propriedades do agregado miúdo, como composição granulométrica, massa específica e massa unitária, os valores adotados foram retirados

do estudo de Silva e Kardec (2017), uma vez que o mesmo material foi utilizado neste trabalho. Esses resultados estão apresentados no Quadro 6.

Quadro 6: Caracterização da areia

MATERIAL	DMÁX (mm)	M.F	MASSA ESPECÍFICA (g/cm³)	MASSA UNITÁRIA (g/cm³)
Areia de quartzo 1 (rosa)	0,6	1,19	2,65	1,57
Areia de quartzo 2 (branca)	1,18	2,04	2,65	1,51
Pó de quartzo	-	-	2,60	1,01

Fonte: Silva; Kardec, 2017.

4.3 ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE

Nos Quadros 7 e 8, estão dispostas, respectivamente, os principais benefícios associados à sua utilização na formulação do concreto de alto desempenho (CAD) e as especificações técnicas do aditivo superplastificante ADVA® 458 UHPC, fornecido por doação pela empresa fabricante. Essas informações são fundamentais para embasar a escolha do material, demonstrando sua compatibilidade com os requisitos técnicos e evidenciando as vantagens que sua aplicação pode proporcionar.

Quadro 7: Principais Benefícios do ADVA® 458 UHPC

CONCRETO FRESCO	CONCRETO ENDURECIDO
Redução acentuada da água de amassamento para uma mesma consistência; Aumenta a fluidez com manutenção desta por tempo prolongado; Facilita o adensamento e o lançamento; Diminui a fricção interna das partículas; Permite relações água/cimento baixas sem apresentar excesso de coesão.	Proporciona elevadas resistências mecânicas iniciais e finais; Melhora a aderência; Melhora acabamento textura da superfície do concreto; Reduz a permeabilidade; Reduz retrações e fissuras de origem plástica; Aumenta a durabilidade; Prolonga a vida útil das estruturas.

Fonte: Chryso Saint-Gobain, 2024.

Quadro 8: Especificações e Validade

Cor	Alaranjado
Aspecto	Líquido
Massa Específica	1,075 - 1,115
Validade	12 (doze) meses a partir da data de fabricação

Fonte: Chryso Saint-Gobain, 2024.

4.4 POLÍMERO SUPERABSORVENTE

O polímero foi fornecido como um pó seco e branco, com partículas esféricas. Na Figura 1(a) é apresentado o polímero superabsorvente utilizado, no estado seco, visto pelo microscópio de contraste de fases Olympus CX43, conforme a Figura 1(b). A visualização foi realizada no Laboratório Mineiro de Análises Agrícolas e Microbiológicas (LAMAM), em Patos de Minas.

A Figura 1(c) apresenta as partículas de PSA seco observadas por meio de microscópio digital com ampliação de 100 vezes. Na imagem, é possível visualizar o aumento de volume de uma única partícula após ser exposta à água por 40 segundos, resultando em uma expansão aproximada de 30 vezes.

Figura 1: (a) Polímero no estado seco; (b) Microscópio Olympus CX43; (c) Partículas de PSA vistas do microscópio. Antes x depois.

(a) (b) (c)



Fonte: Arquivo dos autores, 2025.

4.5 ANÁLISE DO TRAÇO FINAL

O traço final do concreto de alto desempenho (CAD) foi definido a partir da análise comparativa entre três misturas que diferiram exclusivamente pela quantidade de polímero superabsorvente (PSA) incorporado à matriz cimentícia: 0%, 0,2% e 0,3% em relação à massa de cimento. O objetivo desta etapa foi avaliar a influência do PSA nas propriedades do concreto no estado fresco e endurecido, de modo a identificar o traço com melhor equilíbrio entre trabalhabilidade e resistência.

4.5.1 Ensaios do concreto no estado fresco

No estado fresco, foi realizado o ensaio de trabalhabilidade por meio da mesa de adensamento, conforme a ABNT NBR 13276:2016, Quadro 9.

Quadro 9: Resultado do ensaio de trabalhabilidade

Espalhamento (cm)	Traço Ref.	Traço 0,2% PSA	Traço 0,3% PSA
	18,3	15,2	14,8

Fonte: dados da pesquisa, 2025.

Observa-se que a adição do PSA provocou redução progressiva no índice de espalhamento, indicando diminuição da fluidez e da mobilidade da mistura. Tal comportamento está associado à capacidade de absorção de água das partículas de PSA, que retêm parte da água de amassamento, reduzindo a quantidade disponível para o cimento e agregados durante o processo de mistura, mesmo tendo adicionado a água de absorção do PSA.

Na Figura 2, é possível observar o ensaio de espalhamento realizado para o traço com 0,3% de PSA, evidenciando a diferença de consistência em relação ao traço de referência.

Apesar da redução na trabalhabilidade, todos os traços apresentaram consistência adequada para moldagem, não havendo segregação ou exsudação perceptível. Dessa forma, a influência do PSA no estado fresco foi considerada controlada e compatível com a aplicação proposta.

Figura 2: Ensaio de trabalhabilidade na mesa de adensamento – (a) REF; (b) 0,2% de PSA; (c) 0,3% de PSA



(a) (b) (c)

Além disso, a Figura 3 apresenta os corpos de prova após a desforma, demonstrando boa coesão superficial e ausência de defeitos visuais significativos.

Figura 3: Corpos de prova de concreto após a desenforma



Fonte: arquivo dos autores, 2025.

4.5.2 Ensaios do concreto no estado endurecido

Os ensaios realizados permitiram avaliar a influência da adição de polímeros superabsorventes (PSA) nas propriedades mecânicas e microestruturais do concreto de alto desempenho (CAD). Foram analisados três traços distintos: traço de referência (sem adição de PSA), traço com 0,2% de PSA e traço com 0,3% de PSA, em relação à massa de

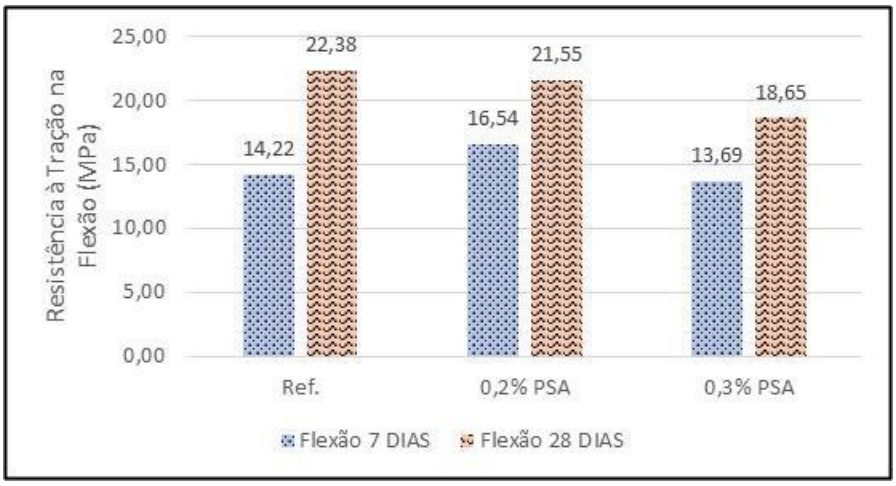
cimento. As avaliações compreenderam ensaios de resistência à compressão simples e tração na flexão, realizados aos 7 e 28 dias de cura.

4.5.2.1 Resistência à tração na flexão

O comportamento da resistência à tração dos microconcretos foi avaliado pela análise de no mínimo 3 resultados de corpos de prova prismáticos de 4x4x16 cm, distribuídos nas idades de 7 e 28 dias, conforme metodologia descrita no item 3.4.

Em seguida, na Figura 4 são mostrados os resultados obtidos para as misturas estudadas nesta pesquisa.

Figura 4: Resultados da resistência à tração na flexão em prismas nas idades de 7 e 28 dias.



Fonte: dados da pesquisa, 2025.

Observa-se que o traço de referência (sem adição de PSA) apresentou o maior valor de resistência aos 28 dias, enquanto o traço 0,2% PSA obteve desempenho intermediário e o traço com 0,3% apresentou o menor resultado.

4.5.2.2 Resistência à compressão

A avaliação foi feita nas 6 metades dos corpos de prova prismáticos, provenientes da ruptura à flexão dos 3 prismas de 16 x 4 x 4 cm, conforme a metodologia. Na Figura 5 apresenta-se o ensaio de compressão simples em execução, ilustrando a instalação do corpo de prova na máquina e o procedimento de carregamento.

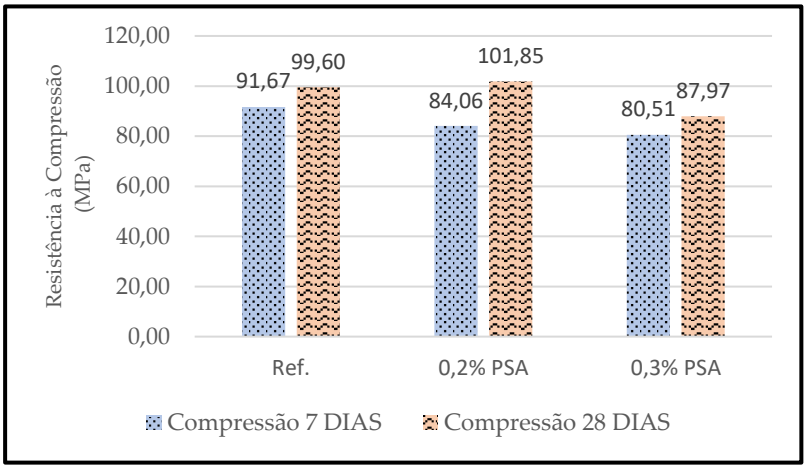
Figura 5: Ensaio à compressão



Fonte: arquivo dos autores, 2025.

Na Figura 6 são mostrados os resultados obtidos para as misturas avaliadas, representados em um gráfico de barras, para as duas idades estudadas.

Figura 6: Resultados da resistência à compressão nas idades de 7 e 28 dias



Fonte: dados da pesquisa, 2025.

Aos 28 dias, observou-se uma inversão no comportamento em relação aos 7 dias. O traço com 0,2% de PSA apresentou os maiores valores de resistência à compressão simples, superando o concreto de referência e o traço com 0,3% de PSA. Esse resultado indica que o PSA atuou de forma efetiva como agente de cura interna, liberando gradualmente a água retida e promovendo hidratação mais completa do cimento ao longo do tempo.

4.5.2.3 Observações microestruturais e visuais

Durante a análise visual dos corpos de prova após os rompimentos, observou-se que o concreto de referência e o concreto com 0,2% de PSA apresentaram quantidade

semelhante de vazios, porém o traço com 0,2% demonstrou melhor hidratação interna, evidenciada pela coloração mais homogênea e ausência de regiões secas.

O traço com 0,3% de PSA, apesar de apresentar menor número de vazios visíveis, mostrou-se mal hidratado internamente, o que explica sua menor resistência mecânica. Esse comportamento confirma que a dosagem ótima de PSA é um fator crítico: teores muito baixos podem não promover cura interna suficiente, enquanto teores elevados prejudicam a densidade da matriz e a continuidade da pasta cimentícia.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa permitiu avaliar os efeitos da adição de polímero superabsorvente no comportamento do concreto de alto desempenho, evidenciando que o PSA atua de maneira eficaz como agente de cura interna quando aplicado em teores adequados. A análise experimental demonstrou que o teor de 0,2% apresentou os melhores resultados, promovendo ganhos de resistência à compressão de aproximadamente 2,5% aos 28 dias e indicando hidratação mais uniforme da matriz cimentícia.

Observou-se que o aumento do teor para 0,3% comprometeu o desempenho mecânico, possivelmente em razão do excesso de água retida no polímero e da consequente perda de densidade da mistura. Assim, o equilíbrio entre a quantidade de PSA e a disponibilidade de água é fator determinante para o sucesso da aplicação.

Os resultados obtidos reforçam o potencial uso de polímeros superabsorventes em concretos de alta resistência, especialmente em ambientes onde o controle de cura é limitado. Recomenda-se que estudos futuros explorem diferentes tipos de polímeros, variações de granulometria e análises microestruturais mais detalhadas, de modo a ampliar o entendimento sobre os mecanismos de atuação do PSA e otimizar sua aplicação em escala prática.

REFERÊNCIAS

AITCIN, P. C. **Concreto de Alto Desempenho**. São Paulo: Pini, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739:2018**: Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11768-1**: Aditivos Químicos para Concreto de Cimento Portland. Parte 1 – Requisitos. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13279**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR **13320:** Materiais refratários – Determinação da fluidez de concretos refratários convencionais e concretos de fluência livre. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15900-1**: Água para amassamento do concreto. Parte 1: Requisitos – Parte 1: Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16697**: Cimento Portland - Requisitos. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: Concreto – Ensaios de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de Estruturas de Concreto. Rio de Janeiro, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7222**: Concreto – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12653**: Materiais pozolânicos - Requisitos. 3 ed. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16605**: Cimento Portland e outros materiais em pó — Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2017.

CHRYSO CONCRETE SOLUTIONS. **ADVA® 458 UHPC**: ficha técnica, 2024.

ISAIA, Geraldo Cechella *et al*. **Concreto**: ciência e tecnologia. São Paulo: IBRACON, 2011.

ISAIA, Geraldo Cechella *et al*. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2010.

JENSEN, Ole Mejlhede; HANSEN, Per Freiesleben. Water-entrained cement-based materials. **Cement And Concrete Research**, [*S. l.*], v. 31, n. 4, p. 647-654, abr. 2001. Elsevier BV. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/s0008-8846(01)00463-x.

MANZANO, Manuel Alejandro Rojas. **Estudo experimental de materiais cimentícios de alta resistência modificados com polímeros superabsorventes (PSAS) como agentes de cura interna**. 2016. 351 f. Tese (Doutorado) – Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

MEHTA, Povindar Kumar; MONTEIRO, Paulo José Melaragno. **Concreto. Microestrutura, Propriedades e Materiais**. 3. ed. São Paulo: Ibracon, 2008.

NEVILLE, A. M; BROOKS, J. J. **Tecnologia do concreto**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

NEVILLE, Adam M. **Propriedades do Concreto**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.

PETRUCCI, E. G. R. **Concreto de Cimento Portland**. 2. ed. Porto Alegre: Globo, 1975.

SANTOS, Thyala Anarelli Cunha e. **Estudo da adição de polímero superabsorvente e nano partículas de sílica para melhorar propriedades de concretos de alta resistência**. 2016. 166 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

SILVA, Mateus Felipe da; KARDEC, Thais Isabela Simão. **Dosagem experimental de concreto de pós-reativos utilizando diferentes métodos de empacotamento de partículas**. 2017. 84 f. Monografia (Especialização) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário de Patos de Minas – Unipam, Patos de Minas, 2017.

VIEIRA, Sheilla Pereira; SOUSA, Thalles Soares de; REIS, Daiane Teodoro de Andrade. Empacotamento de agregados para otimização da granulometria e do índice de vazios dos materiais constituintes do concreto. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO – CBC, 65., 2024, Maceió. **Anais** [...]. São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON), 2024.