



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL**



AVALIAÇÃO DO CONCRETO AUTOADENSÁVEL DESENVOLVIDO COM DIFERENTES TIPOS DE AGREGADOS GRAÚDOS

ADNA PANTOJA DE SOUZA

**Belém - PA
2026**

ADNA PANTOJA DE SOUZA

**AVALIAÇÃO DO CONCRETO AUTOADENSÁVEL DESENVOLVIDO
COM DIFERENTES TIPOS DE AGREGADOS GRAÚDOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Civil do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Sérgio Lima Souza.

Co-orientadora: Prof^a Dra Luciana de Nazaré Pinheiro Cordeiro.

Eng. Lerika Pool do Amaral

Belém - PA

2026

ADNA PANTOJA DE SOUZA

**AVALIAÇÃO DO CONCRETO AUTOADENSÁVEL DESENVOLVIDO
COM DIFERENTES TIPOS DE AGREGADOS GRAÚDOS**

Belém, 18 de março de 2026.

Prof. Paulo Sérgio

Dr. pela UFRGS

Orientador

BANCA EXAMINADORA

Prof. Paulo Sérgio Lima Souza

Dr. pela UFRGS

Orientador

Profa. Luciana de Nazaré Pinheiro Cordeiro (UFPA)

Dra. pela UFRGS

Co-orientadora

CONCEITO FINAL=_____

DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho
ao meu pai, pelo
amor e apoio
incondicional em
cada etapa da minha
jornada.*

AGRADECIMENTOS

Aos meus filhos /ao meu avô, pela paciência e compreensão que teve comigo enquanto estava ao meu lado

A Deus, autor da vida e guia de todos os meus passos.

Agradeço ao meu orientador(a), Prof. Dr. Paulo Sérgio, pela orientação precisa e paciência na condução deste trabalho.

Agradeço minha Co- orientadora Dra. Luciana Cordeiro pelo apoio que sempre me deu desde que me encontro nesta instituição

À Universidade Federal do Pará, a todos os professores que contribuíram para a minha formação.

Em especial professora Dra. Isaura Paz pelo carinho que sempre tive comigo

Aos meus colegas de curso, pelas trocas de conhecimento e momentos de descontração.

Em especial a Engenheira Lerika pool do Amaral que tem sido parceira desde o início da minha trajetória acadêmica na UFPA.

AVALIAÇÃO DO CONCRETO AUTOADENSÁVEL DESENVOLVIDO COM DIFERENTES TIPOS DE AGREGADOS GRAÚDOS

Adna Pantoja de Souza (1)
(1) Universidade Federal do Pará

RESUMO

O concreto autoadensável (CAA) destaca-se como uma evolução tecnológica relevante na construção civil, devido à sua capacidade de fluir e se adensar sob ação exclusiva da gravidade, eliminando a necessidade de vibração mecânica e proporcionando maior qualidade de preenchimento em elementos estruturais. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência do tipo de agregado graúdo nas propriedades reológicas e mecânicas do CAA, comparando misturas produzidas com brita 0 e com seixo natural, mantendo constantes os demais materiais constituintes. Para isso, foram realizados ensaios no estado fresco — Slump Flow, L-Box, U-Box, J-Ring e V-Funnel — e ensaios no estado endurecido — resistência à compressão axial e resistência à tração por compressão diametral aos 7 e 14 dias. Os resultados indicaram que o concreto com seixo apresentou melhor desempenho reológico, com maior fluidez e menor resistência ao escoamento, enquanto o concreto com brita apresentou resistências mecânicas superiores em todas as idades analisadas. A análise estatística demonstrou boa repetibilidade experimental e coerência dos resultados com o comportamento teórico esperado para concretos cimentícios. Conclui-se que o tipo de agregado graúdo exerce influência direta e simultânea sobre trabalhabilidade e desempenho estrutural, evidenciando a necessidade de escolha criteriosa desse material em função das exigências de projeto e execução.

Palavras-chave: Concreto Autoadensável; Agregados Graúdos; Reologia; Resistência Mecânica.

ABSTRACT

Self-compacting concrete (SCC) represents an important technological advancement in civil construction due to its ability to flow and consolidate under its own weight, eliminating mechanical vibration and improving filling capacity in structural elements. In this context, the present study aimed to evaluate the influence of coarse aggregate type on the rheological and mechanical properties of SCC, comparing mixtures produced with crushed stone (size 0) and natural pebble, while keeping all other constituent materials constant. Fresh-state tests — Slump Flow, L-Box, U-Box, J-Ring, and V-Funnel — and hardened-state tests — compressive strength and splitting tensile strength at 7 and 14 days — were performed. Results showed that the mixture with pebble exhibited superior rheological performance, presenting higher flowability and lower resistance to movement, whereas the mixture with crushed stone achieved higher mechanical strength at all tested ages. Statistical analysis indicated good experimental repeatability and consistency with theoretical behavior expected for cementitious materials. It was concluded that the coarse aggregate type directly affects both workability and structural performance, highlighting the importance of proper aggregate selection according to project and execution requirements.

Keywords: Self-Compacting Concrete; Coarse Aggregates; Rheology; Mechanical Strength.

Sumário

1.	8
1.1.	Error! Bookmark not defined.
1.1.1.	10
2.	11
2.1.	12
2.2.	13
2.2.1.	13
2.2.2.	14
2.2.3.	15
3.	17
3.1.	17
3.1.1.	17
3.1.2.	19
3.1.3.	20
3.1.4.	22
3.1.5.	23
3.2.	25
3.2.1.	25
3.2.2.	28
4.	32
5.	33

1. INTRODUÇÃO

A construção civil tem buscado constantemente soluções que conciliem produtividade, economia de recursos e elevado desempenho técnico dos materiais utilizados. Com o avanço das técnicas construtivas e o aumento da complexidade das estruturas, tornou-se necessário desenvolver concretos capazes de garantir qualidade superior, especialmente em elementos com grande concentração de armaduras e geometrias mais complexas.

Nesse contexto, o Concreto Autoadensável (CAA) surge como uma importante inovação tecnológica, caracterizando-se por sua capacidade de preencher completamente as fôrmas apenas sob ação da gravidade, sem a necessidade de adensamento mecânico. Além disso, o CAA apresenta elevada fluidez aliada à coesão da mistura, permitindo sua aplicação em regiões de difícil acesso e reduzindo falhas de compactação comuns em concretos convencionais (TUTIKIAN; DAL MOLIN, 2008).

A introdução do CAA na construção civil brasileira representou um avanço significativo no controle da qualidade das estruturas de concreto armado. A ausência do processo de vibração não apenas melhora o acabamento superficial das peças, mas diminui problemas como vazios internos, segregação dos materiais e falhas de aderência entre concreto e armadura.

Dessa forma, com o objetivo de padronizar os procedimentos de controle tecnológico, a Associação Brasileira de Normas Técnicas estabeleceu a ABNT NBR 15823-1:2017, que define os requisitos para classificação, controle e recebimento do concreto autoadensável no estado fresco. Essa norma contempla ensaios específicos como o slump flow, que avalia a capacidade de espalhamento do concreto, além dos ensaios de habilidade passante, como J-Ring, V-funnel, L-Box e U-Box, que verificam o comportamento do material ao atravessar armaduras. A correta aplicação desses ensaios assegura, portanto, que o CAA apresente fluidez adequada, estabilidade e ausência de bloqueios de partículas durante o lançamento (ABNT, 2017).

A correta aplicação desses ensaios assegura que o CAA apresente fluidez adequada, estabilidade e ausência de bloqueios de partículas durante o lançamento. Segundo Tutikian (2007), a obtenção das propriedades características do CAA depende de uma dosagem criteriosa de seus componentes, especialmente da quantidade de pasta e da utilização de aditivos superplastificantes, que proporcionam a redução da tensão de escoamento da mistura.

Entretanto, o equilíbrio entre esses componentes deve ser cuidadosamente controlado, pois dosagens inadequadas podem comprometer tanto o desempenho no estado fresco quanto as propriedades mecânicas no estado endurecido.

Nesse sentido, Petry et al. (2015) destacam a importância de modelos de empacotamento compressível de partículas para a otimização das misturas, visando o melhor desempenho reológico. Outrossim, entre os constituintes do concreto, os agregados graúdos exercem papel fundamental no comportamento reológico e estrutural do CAA.

Características como forma dos grãos, textura superficial e distribuição granulométrica influenciam diretamente o espalhamento e a capacidade de passagem entre armaduras, conforme observado por Moreira (2012) ao analisar o comportamento de agregados graúdos em matrizes autoadensáveis.

Estudos realizados no Brasil, como o de Fochs *et al.* (2011), demonstram que variações na composição e nos métodos de dosagem resultam em mudanças significativas no desempenho do material. No estado endurecido, o desempenho estrutural é avaliado por ensaios de resistência à compressão axial e tração por compressão diametral, parâmetros que fornecem informações sobre o suporte de cargas e a resistência à fissuração. Pieralisi *et al.* (2020) reforçam que alterações na composição dos materiais podem modificar significativamente esses parâmetros mecânicos, evidenciando a necessidade de programas experimentais comparativos.

A influência das características físicas dos agregados no comportamento do material é um fator determinante, uma vez que a morfologia e a textura superficial dos grãos afetam diretamente a fluidez e a estabilidade da mistura. De forma semelhante, estudos desenvolvidos por Silva e Souza (2018) reforçam que variações na composição granulométrica e na natureza mineralógica dos agregados naturais impactam significativamente a trabalhabilidade e a resistência final do concreto autoadensável.

No estado endurecido, o desempenho estrutural do CAA é rigorosamente avaliado por meio de ensaios de resistência à compressão axial, os quais, segundo Neville e Brooks (2013), são os principais indicadores da capacidade de suporte de cargas da matriz cimentícia. Além desse ensaio, a resistência à tração por compressão diametral fornece informações cruciais sobre o comportamento do concreto frente a esforços transversais e sua capacidade de resistir à fissuração, propriedades que são sensíveis à qualidade da zona de transição entre a pasta e o agregado (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

Tais alterações na composição dos constituintes podem modificar drasticamente esses parâmetros mecânicos, o que justifica a execução de programas experimentais comparativos para garantir a segurança e a eficiência das estruturas.

Diante desse contexto, torna-se essencial analisar o comportamento do concreto autoadensável produzido com diferentes tipos de agregados graúdos, como o seixo natural e a brita. A comparação entre esses materiais, mantendo constantes os demais componentes da

mistura, possibilita compreender de forma clara como suas características físicas influenciam as propriedades do concreto, tanto no estado fresco quanto no estado endurecido.

Assim, a justificativa deste estudo está relacionada à necessidade de ampliar o conhecimento técnico sobre o uso de materiais disponíveis regionalmente, buscando soluções que aliem desempenho estrutural, viabilidade econômica e sustentabilidade. Ao avaliar o concreto autoadensável com seixo e brita, é possível identificar vantagens e limitações de cada agregado, contribuindo para escolhas mais seguras e eficientes em eventuais projetos.

Além disso, a realização de ensaios como slump flow, J-Ring, V-Funnel, L-Box e U-Box, aliados aos ensaios de resistência à compressão axial e resistência à tração por compressão diametral, permite uma análise abrangente do comportamento do concreto desde sua aplicação até seu desempenho estrutural final. Dessa forma, este trabalho contribui para o aprimoramento do uso do concreto autoadensável no contexto brasileiro, oferecendo dados experimentais relevantes para a prática profissional.

1.1. Objetivo Geral

Avaliar o desempenho do concreto autoadensável produzido com seixo natural e brita 0 como agregados graúdos, analisando suas propriedades no estado fresco e no estado endurecido.

1.1.1. Objetivos Específicos

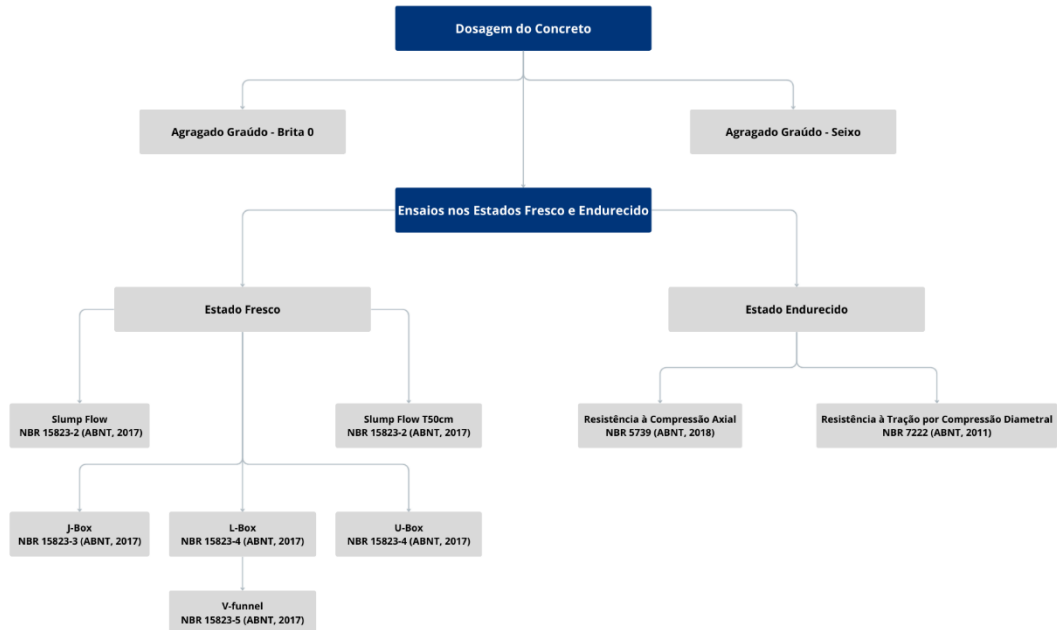
- Avaliar as propriedades do concreto autoadensável no estado fresco por meio dos ensaios de slump flow, slump flow t50cm, J-Box, L-Box, U-Box e V-Funnel;
- Determinar a resistência à compressão axial e à tração por compressão diametral, em 7 e 14 dias, das misturas produzidas;
- Comparar os resultados obtidos entre os concretos autoadensáveis com seixo natural e com brita 0.

2. METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se como um estudo experimental, de abordagem quantitativa, de modo a avaliar o comportamento do concreto autoadensável produzido com seixo e brita 0. A opção por um delineamento experimental controlado justifica-se pela necessidade de isolar a influência desse único fator variável, mantendo constantes os demais constituintes e condições de produção. Tal estratégia metodológica é amplamente recomendada em estudos sobre CAA, pois pequenas variações de materiais ou proporções podem provocar mudanças significativas na fluidez, estabilidade e resistência do concreto (TUTIKIAN; DAL MOLIN, 2008).

O concreto autoadensável distingue-se por apresentar simultaneamente elevada fluidez, coesão e estabilidade, propriedades que permitem o preenchimento completo das fôrmas sem vibração mecânica e sem segregação dos componentes. Segundo Gomes (2002), um concreto só pode ser classificado como autoadensável quando apresenta essas três características de forma equilibrada, garantindo escoamento entre armaduras e espaços confinados apenas sob ação da gravidade. Assim, a metodologia experimental foi estruturada de modo a avaliar as propriedades do CAA no estado fresco e endurecido por meio de ensaios normatizados, assegurando comparabilidade dos resultados para os diferentes agregados graúdos.

Dessa forma, a **Figura 1** apresenta o fluxograma das etapas adotadas para o desenvolvimento do experimento. O esquema contempla desde a fase de dosagem dos materiais, incluindo todo o procedimento de mistura do concreto autoadensável, até a realização dos ensaios no estado fresco. Em sequência, são descritas as etapas referentes ao estado endurecido, destacando-se o processo de moldagem, cura e ensaio dos corpos de prova. Essa organização segue a lógica recomendada por pesquisas experimentais na área, que indicam que a avaliação integrada dos estados fresco e endurecido é essencial para compreender o desempenho global do CAA (TUTIKIAN, 2007).

Figura 1: Fluxograma do programa experimental.

Fonte: Autor, 2026.

2.1. Materiais

Os materiais empregados na produção dos concretos autoadensáveis analisados nesta pesquisa foram: cimento Portland, agregado miúdo natural (areia), agregados graúdos (seixo natural e brita 0), sílica ativa, aditivo superplastificante de alto desempenho e água. A seleção desses materiais buscou refletir condições reais de aplicação em obras brasileiras, priorizando insumos amplamente disponíveis e de uso corrente na prática construtiva nacional.

Como aglomerante, utilizou-se o cimento Portland CP II-F-40, cujas especificações atendem aos requisitos estabelecidos pela NBR 16697 (ABNT, 2018). A escolha desse tipo de cimento deve-se, além da sua ampla disponibilidade no mercado, ao seu bom desempenho mecânico e compatibilidade com adições minerais, como a sílica ativa, por exemplo, favorecendo o desenvolvimento do concreto objeto do estudo em questão.

O agregado miúdo empregado foi a areia natural, de origem quartzosa e amplamente disponível na região de estudo. Já os agregados graúdos utilizados foram o seixo natural e a brita 0, selecionados de modo a apresentar dimensões máximas compatíveis com a autoadensabilidade do concreto, evitando fenômenos de bloqueio durante o escoamento. Esses materiais foram selecionados com base na disponibilidade local e pela sua caracterização quanto à granulometria e massa específica, permitindo avaliar sua influência no comportamento reológico e mecânico das misturas.

Como adição mineral, foi incorporada sílica ativa ao traço, com intuito de melhorar a coesão da mistura, reduzir a segregação, além de contribuir para o aumento da resistência mecânica e da durabilidade do concreto. A sílica ativa atua como material pozolânico altamente reativo, promovendo a formação adicional de compostos cimentícios e o refinamento da matriz microestrutural, além de favorecer a estabilidade do concreto no estado fresco.

O aditivo superplastificante utilizado foi o MasterGlenium 51, classificado como aditivo de alto desempenho, empregado para proporcionar elevada fluidez às misturas sem aumento da relação água/cimento. Esse aditivo possibilitou a obtenção das propriedades de autoadensabilidade, mantendo a coesão necessária para evitar exsudação e segregação dos materiais. Outrossim, é importante destacar que o controle reológico adequado depende fortemente da ação de superplastificantes, que dispersam as partículas cimentícias e reduzem a viscosidade da pasta sem comprometer a resistência final, o que objetiva a utilização do aditivo na produção do CAA.

2.2. Métodos

A metodologia experimental adotada nesta pesquisa foi estruturada de forma a garantir a adequada comparação entre os concretos autoadensáveis produzidos com os dois tipos de agregados graúdos, brita 0 e seixo natural, objetivados na pesquisa. Portanto, as etapas descritas adiante compreenderam desde a dosagem das misturas, realização dos ensaios no estado fresco, moldagem dos corpos de prova e, por fim, os ensaios no estado endurecido, conforme procedimentos técnicos normatizados e recomendações consolidadas na literatura.

2.2.1. Dosagem do Concreto Autoadensável

A dosagem do concreto autoadensável foi definida com base em métodos específicos para esse tipo de material, buscando atender simultaneamente aos requisitos de fluidez, coesão e resistência mecânica. Foram elaborados dois traços distintos, diferenciando-se apenas pelo tipo de agregado graúdo utilizado, sendo um com seixo natural e outro com brita 0, mantendo-se constantes os demais materiais, com exceção da quantidade de água.

As proporções dos materiais foram definidas em massa, considerando parâmetros usualmente empregados em CAA, como elevado teor de finos e baixa relação água/aglomerante. A mistura foi realizada em betoneira, iniciando-se pela homogeneização dos agregados secos, seguida da incorporação do cimento e da sílica ativa. Posteriormente,

adicionou-se a água de amassamento contendo o superplastificante previamente diluído, mantendo a mistura até obtenção de massa homogênea, fluida e estável. Esse procedimento segue recomendações experimentais consolidadas, que indicam que a sequência de mistura influencia diretamente a dispersão das partículas e a eficiência reológica do concreto (TUTIKIAN; DAL MOLIN, 2008).

Eis que a adoção de dosagens controladas e expressas em massa contribui para a repetibilidade dos ensaios e para a comparação confiável entre as misturas. Dessa forma, foram elaborados dois traços experimentais, diferenciados basicamente pelo agregado graúdo utilizado, mantendo-se constantes os demais constituintes, exceto a quantidade de água, conforme apresentado na **Tabela 1**.

Tabela 1: Dosagem dos traços de CAA.

Material	CAA com brita 0	Traço unitário com brita 0	CAA com seixo	Traço unitário com seixo
Cimento CP II-40	12,5 kg	1,00 kg	12,5 kg	1,00 kg
Areia fina	23,5 kg	1,88 kg	23,5 kg	1,88 kg
Agregado graúdo	20 kg (brita 0)	1,60 kg	20 kg (seixo)	1,60 kg
Sílica ativa	0,625 kg	0,05 kg	0,625 kg	0,05 kg
Água	6,0 L	0,48 L	5 L	0,40 L
Aditivo MasterGlenium	186 mL	0,015 mL	186 mL	0,015 mL

Fonte: Autor, 2026.

2.2.2. Ensaios no Estado Fresco

Após a produção das misturas, realizaram-se os ensaios destinados à avaliação do comportamento do concreto no estado fresco, etapa essencial para verificar se o material realmente atende aos requisitos de autoadensabilidade. Diferentemente do concreto convencional, o concreto autoadensável precisa apresentar simultaneamente elevada fluidez, estabilidade e capacidade de atravessar obstáculos sem segregação, características que somente podem ser confirmadas por ensaios específicos de desempenho reológico. Dessa forma, a avaliação dessas propriedades deve ser conduzida imediatamente após a mistura, pois o tempo influencia diretamente a viscosidade e a mobilidade da pasta cimentícia.

O ensaio de slump flow foi executado conforme a ABNT NBR 15823-2, sendo utilizado para determinar o diâmetro de espalhamento do concreto e o tempo T500, parâmetros que indicam a fluidez e a viscosidade aparente da mistura. Esse ensaio consiste no levantamento do cone de Abrams e na medição do diâmetro final de espalhamento do concreto sobre superfície

lisa e não absorvente, procedimento amplamente empregado em pesquisas nacionais para classificação da trabalhabilidade de concretos autoadensáveis.

De forma complementar, foram realizados os ensaios de habilidade passante e capacidade de preenchimento por meio das caixas L e U, seguindo respectivamente as prescrições das normas ABNT NBR 15823-4 e ABNT NBR 15823-5. O ensaio L-Box permite avaliar a capacidade do concreto de atravessar obstáculos que simulam armaduras, fornecendo indicação direta da mobilidade sob restrição, enquanto o U-Box mede a diferença de altura do concreto após o escoamento entre compartimentos interligados, permitindo analisar simultaneamente a habilidade de preenchimento e a estabilidade da mistura.

Além desses procedimentos, foram realizados os ensaios J-Ring e V-Funnel, também normalizados pela série ABNT NBR 15823, com o intuito de complementar a avaliação reológica das misturas. O ensaio J-Ring consiste na determinação do espalhamento do concreto na presença de barras metálicas dispostas circularmente, simulando a interferência de armaduras e permitindo quantificar a perda de fluidez causada por obstáculos, sendo particularmente útil para avaliar a resistência ao bloqueio.

Já o ensaio V-Funnel determina o tempo de escoamento do concreto através de um funil em formato de “V”, parâmetro associado à viscosidade aparente e à coesão da mistura, possibilitando verificar se o material apresenta consistência adequada para escoar sem segregação ou exsudação.

Dessa forma, a análise conjunta desses ensaios fornece diagnóstico mais confiável do comportamento do CAA do que a utilização isolada do slump flow, pois permite compreender simultaneamente fluidez e coesão da mistura. Portanto, a realização integrada desses testes possibilitou confirmar se os concretos produzidos apresentavam comportamento autoadensável adequado, além de permitir a comparação direta entre os traços com seixo e brita 0 quanto às propriedades reológicas.

2.2.3. Ensaios no Estado Endurecido

Para avaliação do desempenho mecânico dos concretos produzidos, foram moldados corpos de prova cilíndricos conforme os procedimentos estabelecidos pela ABNT NBR 5738, norma que regulamenta a moldagem e cura de corpos de prova de concreto. A moldagem foi realizada sem vibração mecânica, respeitando o princípio fundamental do concreto autoadensável, que deve se adensar exclusivamente sob ação da gravidade. Os moldes foram

preenchidos em camada única e levemente nivelados superficialmente, evitando interferências externas na estrutura interna do material.

Após a moldagem, os corpos de prova permaneceram em repouso por aproximadamente 24 horas em ambiente protegido contra perda de umidade e variações bruscas de temperatura. Decorrido esse período, procedeu-se à desmoldagem e à transferência para processo de cura úmida, realizado em tanque saturado com água, também conforme a NBR 5738, garantindo condições adequadas para hidratação do cimento e desenvolvimento das propriedades mecânicas. A literatura técnica destaca que o controle rigoroso da cura é determinante para a confiabilidade dos resultados de resistência, pois concretos submetidos a cura inadequada podem apresentar valores inferiores aos reais (HELENE; TERZIAN, 1992).

Os ensaios mecânicos foram realizados em idades de 7 e 14 dias, contemplando resistência à compressão axial e resistência à tração por compressão diametral. O ensaio de compressão axial seguiu os procedimentos da ABNT NBR 5739, no qual os corpos de prova foram submetidos a carregamento monotônico crescente em prensa hidráulica até a ruptura, registrando-se a carga máxima para cálculo da resistência. Já o ensaio de tração por compressão diametral foi conduzido conforme a ABNT NBR 7222, método amplamente utilizado para estimar a resistência à tração indireta do concreto, propriedade fundamental para análise de fissuração e comportamento estrutural.

Portanto, a avaliação conjunta das resistências à compressão e à tração fornece compreensão mais completa do desempenho mecânico do concreto, pois essas propriedades estão diretamente relacionadas à capacidade estrutural e à durabilidade das peças. Dessa forma, os resultados obtidos permitiram analisar comparativamente a influência do tipo de agregado graúdo no desempenho mecânico dos concretos autoadensáveis estudados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Resultados dos Ensaio no Estado Fresco

Como já mencionado, foram realizados três ensaios para as amostras de concreto no estado fresco de cada agregado estudado, a saber: Slump Flow regido pela ABNT NBR 15823-2, J-Ring normatizado pela ABNT NBR 15823-3, ensaios L-Box e U-Box, regidos, pela norma ABNT NBR 15823-4 e o V-Funnel metodologicamente descrito pela ABNT NBR 15823-5. Adiante será discutido os resultados obtidos em cada uma dessas etapas.

3.1.1. Slump Flow e Slump flow T_{50cm}

A análise do ensaio de espalhamento (Slump Flow) permitiu diagnosticar o comportamento reológico das misturas, evidenciando a correlação direta entre a morfologia do agregado graúdo e a mobilidade do concreto autoadensável (CAA). A **Figura 2** ilustra o desempenho de uma das dosagens, destacando a influência da interação entre os agregados na capacidade de fluxo da matriz.

Figura 2: Espalhamento do concreto com seixo natural.



Fonte: Autor, 2026.

De maneira geral, através da **Tabela 2**, pode-se observar que ambos os traços apresentaram diâmetros de espalhamento compatíveis com os intervalos recomendados para concretos autoadensáveis estruturais, indicando que as dosagens adotadas foram adequadas para garantir fluidez sem perda de estabilidade e sem segregação aparente.

Tabela 2: Resultados do Slump Flow.

Traço	Diâmetro 1 (mm)	Diâmetro 2 (mm)	Média (mm)	Tempo T500 (s)
Brita 0	640	680	660	2
Seixo	675	690	683	2,5

Fonte: Autor, 2026.

Além disso, o concreto produzido com seixo natural apresentou diâmetro médio de espalhamento ligeiramente superior ao obtido para o concreto com brita 0, o que já era esperado do ponto de vista tecnológico, uma vez que agregados arredondados tendem a reduzir o atrito interno entre partículas, favorecendo, dessa forma, o escoamento da mistura e diminuindo a resistência ao fluxo.

Ao analisar a tabela supracitada, percebe-se que a diferença entre os valores médios de espalhamento foi de 23 mm, isto é, o concreto com seixo natural apresentou aproximadamente 3,5% maior espalhamento em relação ao concreto com brita, evidenciando melhor capacidade de deformação e menor resistência ao fluxo.

No entanto, ao analisar o tempo T50cm, observou-se comportamento inverso: o concreto com brita atingiu 500 mm de espalhamento mais rapidamente (2,0 s) que o concreto com seixo (2,5 s). Isso indica que, embora o seixo proporcione maior espalhamento final, a mistura com brita apresentou maior velocidade inicial de escoamento. Tal resultado sugere diferenças sutis na viscosidade aparente das misturas, possivelmente relacionadas ao empacotamento granular e à interação pasta-agregado.

A análise conjunta dos resultados evidencia que ambos os concretos apresentaram desempenho satisfatório para aplicação como concreto autoadensável, pois atingiram valores de espalhamento elevados e tempos T500 compatíveis com misturas estáveis e coesas. O concreto com seixo demonstrou maior fluidez final, característica associada à forma arredondada das partículas, enquanto o concreto com brita apresentou maior velocidade inicial de deformação, indicando menor resistência inicial ao escoamento.

Do ponto de vista prático, isso significa que a escolha entre seixo e brita pode ser feita com base em critérios logísticos e econômicos, já que ambos atendem aos requisitos técnicos de autoadensabilidade. Entretanto, para estruturas com elevada densidade de armadura ou geometrias complexas, o concreto com seixo pode apresentar vantagem operacional devido à sua maior mobilidade.

3.1.2. J-Ring

O ensaio J-Ring, mostrado na **Figura 3** complementa a análise do Slump Flow ao permitir verificar se a mistura mantém sua mobilidade quando submetida a obstáculos, sendo particularmente relevante para prever o comportamento do concreto em elementos estruturais com elevada taxa de armadura. Conforme discutido na literatura especializada, a diferença entre o espalhamento livre e o espalhamento com anel constitui um dos principais indicadores da resistência ao bloqueio e da estabilidade reológica do CAA.

Figura 3: Ensaio J-Ring do concreto com seixo natural.



Fonte: Autor, 2026.

Os resultados obtidos e expressos na **Tabela 3:** Resultados do ensaio J-Ring, evidenciaram que ambos os concretos apresentaram desempenho compatível com os requisitos de concretos autoadensáveis, demonstrando que as misturas possuíam coesão adequada e baixa tendência à segregação. Entretanto, observou-se comportamento distinto entre os traços quanto à perda de espalhamento causada pela presença dos obstáculos, evidenciando a influência direta do tipo de agregado graúdo na mobilidade do material.

Tabela 3: Resultados do ensaio J-Ring.

Traço	Espalhamento Slump Flow (mm)	Espalhamento J-Ring (mm)	Diferença (mm)
Brita 0	648	630	18
Seixo	683	668	15

Fonte: Autor, 2026.

A diferença entre o espalhamento livre e o espalhamento com anel representa a perda de fluidez causada pela presença de obstáculos, sendo que valores menores indicam melhor habilidade passante. Segundo Tutikian e Dal Molin (2008), agregados de forma arredondada favorecem o deslocamento relativo entre partículas, reduzindo o atrito interno e promovendo maior capacidade de escoamento, fator esse que explica o maior espalhamento do seixo natural.

Através da análise da tabela acima, constata-se que a diferença de espalhamento entre os dois agregados foi de 3 mm, isso demonstra que o concreto com seixo apresentou cerca de 17% menor perda de espalhamento, indicando melhor habilidade passante em comparação ao concreto com brita.

O resultado confirma que o agregado graúdo influencia diretamente a habilidade de passagem do concreto. O seixo natural favorece o fluxo entre obstáculos, enquanto a brita aumenta a resistência interna ao movimento. Esse comportamento é coerente com características físicas dos agregados rolados, cuja forma arredondada reduz o atrito interno e facilita o deslocamento relativo das partículas durante o escoamento. Já o concreto com brita, embora estável, apresentou maior resistência à passagem, possivelmente em função do formato angular e do maior intertravamento granular.

Em termos práticos, isso significa, portanto, que misturas com agregados arredondados apresentam menor risco de formação de vazios em regiões densamente armadas, fator decisivo para durabilidade e desempenho estrutural.

3.1.3. V-Funnel

O ensaio V-Funnel foi executado para avaliar a viscosidade aparente e o tempo de escoamento do concreto autoadensável, fornecendo uma estimativa indireta da resistência ao fluxo e da coesão interna da mistura. Esse ensaio foi fundamental para verificar se os concretos estudados apresentam consistência adequada para manter estabilidade durante o lançamento, sem segregação ou exsudação.

Dessa forma, os tempos obtidos indicaram que ambos os concretos apresentaram comportamento compatível com concretos autoadensáveis estruturais, demonstrando que as dosagens adotadas promoveram equilíbrio entre fluidez e viscosidade. O concreto com seixo apresentou tempo de escoamento inferior ao concreto com brita (**Figura 4**), evidenciando menor resistência interna ao fluxo.

Esse comportamento, mostrado em resultados na **Tabela 4**, está alinhado com estudos nacionais sobre CAA, que apontam que agregados arredondados reduzem a viscosidade aparente da mistura devido à menor área superficial específica e menor atrito intergranular.

Figura 4: Ensaio V-Funnel do concreto com brita.



Fonte: Autor, 2026.

Tabela 4: Resultados do ensaio V-Funnel.

Traço	Tempo V-Funnel (s)
Brita 0	3,37
Seixo	2,95

Fonte: Autor, 2026.

O concreto com seixo apresentou uma diferença absoluta de 0,42s em relação ao concreto com brita, ou seja, o concreto com seixo escoou aproximadamente 12,5% mais rápido que o concreto com brita, indicando menor viscosidade aparente.

O menor tempo observado no traço com seixo confirma sua maior fluidez, comportamento associado principalmente à forma arredondada desse agregado, que reduz o atrito entre partículas e facilita o deslocamento da pasta cimentícia. Já o concreto com brita apresentou tempo ligeiramente superior, o que é esperado devido à geometria angular do agregado britado, que aumenta o intertravamento granular e eleva a viscosidade aparente.

Apesar dessa diferença, ambos os valores se encontram dentro da faixa típica recomendada para concretos autoadensáveis estruturais (aproximadamente 2 a 10 s), indicando que nenhuma das misturas apresenta risco de bloqueio ou excesso de viscosidade.

3.1.4. L-Box

O ensaio L-Box permitiu analisar a capacidade de passagem do concreto autoadensável através de obstáculos que simulam armaduras, fornecendo um indicativo confiável da habilidade de escoamento em elementos estruturais com densidade de armadura maior. Esse ensaio é particularmente importante porque, diferentemente do Slump Flow, ele considera simultaneamente fluidez e resistência ao bloqueio interno.

Dessa forma, a **Figura 5** ~~Erro! Fonte de referência não encontrada.~~ ilustra o processo do ensaio da caixa L executado para o concreto dosado com brita.

Figura 5: Ensaio L-Box do concreto com brita 0.



Fonte: Autor, 2026.

Ao analisar os resultados apontados na **Tabela 5** pode-se afirmar que ambos os concretos apresentaram relações superiores a 0,80, limite usualmente recomendado para concretos autoadensáveis estruturais, demonstrando ausência de bloqueio significativo. Entretanto, observa-se que o concreto com seixo natural apresentou desempenho superior, com relação H2/H1 igual a 0,97, enquanto o concreto com brita 0 atingiu 0,93.

A diferença absoluta entre os índices foi de 0,04, o que corresponde a uma diferença relativa de aproximadamente 4,3% em favor do concreto com seixo. Embora numericamente

discreta, essa variação é tecnicamente relevante, pois indica menor perda de energia de escoamento ao atravessar obstáculos, refletindo maior eficiência reológica.

Tabela 5: Resultados do ensaio L-Box.

Traço	H1 (cm)	H2 (cm)	Relação H2/H1
Brita 0	7,5	7,0	0,93
Seixo	7,5	7,3	0,97

Fonte: Autor, 2026.

Esse resultado mostra-se plenamente coerente com o comportamento observado nos demais ensaios realizados no estado fresco, como Slump Flow, J-Ring e V-Funnel, nos quais o concreto com seixo natural também apresentou maior fluidez e menor resistência ao escoamento. A convergência desses dados indica que o desempenho superior no L-Box não constitui um resultado isolado, mas sim parte de um padrão reológico consistente, evidenciando que a forma arredondada do seixo contribuiu simultaneamente para maior mobilidade, melhor habilidade passante e menor tendência ao bloqueio.

Essa compatibilidade entre diferentes métodos de ensaio é considerada um forte indicativo de confiabilidade experimental, pois demonstra que as propriedades do concreto autoadensável se mantêm estáveis independentemente do tipo de solicitação de escoamento simulada, reforçando a validade das interpretações tecnológicas adotadas.

3.1.5. U-Box

O ensaio U-Box conduzido para avaliar a capacidade de preenchimento do concreto autoadensável sob condições de confinamento e restrição de fluxo, simulou situações reais de concretagem em elementos para os traços dosados com brita 0 e seixo natural, como explícito na **Figura 6**.

Os resultados obtidos com o ensaio e listados na **Tabela 6**, indicaram desempenho satisfatório para ambos os traços, confirmando que as misturas possuíam viscosidade adequada para manter estabilidade durante o escoamento. As diferenças de altura inferiores a 3,0 cm, limite geralmente adotado como referência para concretos autoadensáveis, evidenciam a boa capacidade de preenchimento.

A diferença absoluta entre os traços foi de 1,1 cm, correspondendo a uma redução de aproximadamente 50% na perda de altura quando comparado ao concreto com brita 0. Esse

resultado demonstra que o concreto com seixo encontrou menor resistência interna ao escoamento, confirmando maior eficiência de preenchimento.

Figura 6: Ensaio U-Box com brita 0.



Fonte: Autor, 2026.

Tabela 6: Resultados do ensaio U-Box.

Traço	H1 (cm)	H2 (cm)	H1-H2 (cm)
Brita 0	30	27,8	2,2
Seixo	30	28,9	1,1

Fonte: Autor, 2026.

Esse comportamento mantém, novamente, coerência com os resultados observados nos demais ensaios reológicos realizados anteriormente. Assim como verificado no Slump Flow, J-Ring, V-Funnel e L-Box, o concreto com seixo apresentou desempenho consistentemente superior em parâmetros associados à fluidez e mobilidade interna.

A concordância entre os diferentes ensaios reforça a confiabilidade dos resultados experimentais e indica que o tipo de agregado gráúdo exerceu influência sistemática e previsível sobre o comportamento do concreto autoadensável, validando a interpretação de que agregados mais arredondados tendem a proporcionar misturas mais estáveis, fluidas e com maior capacidade de preenchimento.

3.2. Resultados dos Ensaios no Estado Endurecido

Para avaliação do desempenho mecânico dos concretos autoadensáveis produzidos com brita 0 e seixo natural, foram realizados ensaios de resistência à compressão axial e resistência à tração por compressão diametral, conforme procedimentos estabelecidos pelas normas ABNT NBR 5739 (2018) e ABNT NBR 7222 (2011), respectivamente.

Os corpos de prova cilíndricos, indicados na **Figura 7** foram moldados de acordo com as recomendações da ABNT NBR 5738 (2015), sem vibração mecânica, respeitando o princípio do concreto autoadensável, que deve se acomodar apenas pela ação da gravidade. Após 24 horas, os espécimes foram desmoldados e submetidos à cura úmida controlada até as idades de ensaio (7 e 14 dias).

Figura 7: Corpos de prova para ensaios de resistência mecânica moldados.

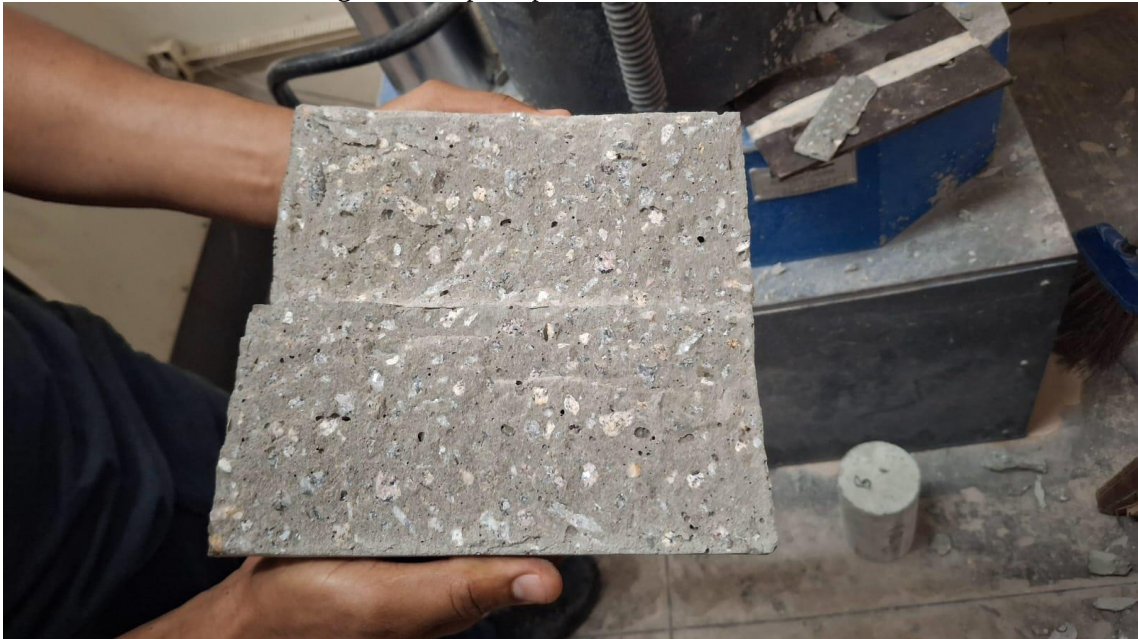


Fonte: Autor, 2026.

3.2.1. Resistência à Compressão Axial

Os resultados obtidos no ensaio de resistência à compressão axial para os corpos de prova moldados com brita 0 (**Figura 8**) e seixo natural (**Figura 9**), demonstraram comportamento coerente com o esperado para concretos autoadensáveis submetidos a cura adequada e produzidos com materiais de boa qualidade.

Figura 8: Corpo de prova moldado com brita 0.



Fonte: Autor, 2026.

Figura 9: Corpo de prova moldado com seixo natural.



Fonte: Autor, 2026.

Observa-se, através da **Tabela 7**, que a evolução de resistência entre 7 e 14 dias para ambos os traços, teve crescimento de, aproximadamente, 12,2% para o concreto com brita e 10,3% para o concreto com seixo. Esse comportamento está totalmente alinhado com a literatura de tecnologia do concreto, que estabelece que a hidratação do cimento promove aumento progressivo de resistência nas primeiras semanas, com taxas mais elevadas nos primeiros dias e posterior desaceleração.

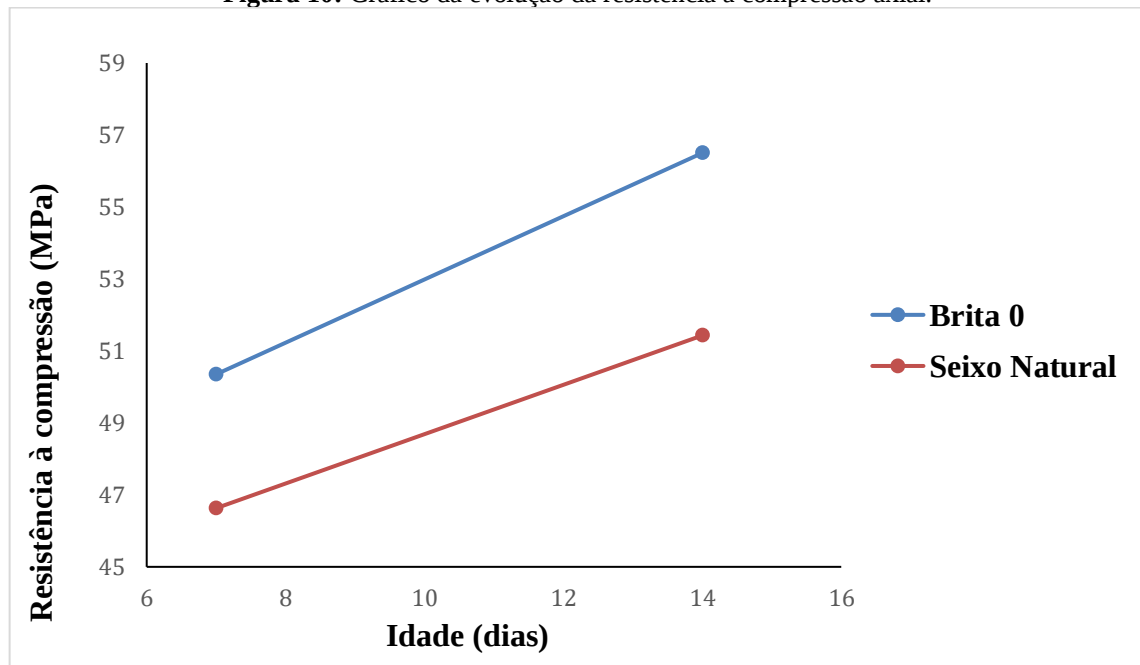
Tabela 7: Resultados da resistência à compressão axial de cada CP.

Traço	Idade	CP1 (Mpa)	CP2 (Mpa)	CP3 (Mpa)	Média (MPa)	Desvio padrão	CV (%)
Brita 0	7 dias	48,50	51,95	50,60	50,35	1,74	3,45
Brita 0	14 dias	57,00	57,05	55,44	56,50	0,92	1,63
Seixo	7 dias	46,61	46,13	47,14	46,63	0,51	1,09
Seixo	14 dias	48,39	49,34	56,55	51,43	4,46	8,67

Fonte: Autor, 2026.

O concreto com brita apresentou resistências superiores em todas as idades, superando o concreto com seixo em 7,9% aos 7 dias e 9,8% aos 14 dias. Tal resultado, evidenciado de forma visual pelo gráfico apresentado na **Figura 10**, confirma a influência da morfologia do agregado graúdo.

Agregados britados possuem superfície rugosa e angular, promovendo maior aderência pasta-agregado e melhor transferência de tensões internas, o que resulta em maior resistência mecânica. Por outro lado, agregados arredondados, como o seixo, apresentam menor intertravamento granular e menor atrito interno, reduzindo a resistência, embora favoreçam a fluidez.

Figura 10: Gráfico da evolução da resistência à compressão axial.

Fonte: Autor, 2026.

Do ponto de vista estatístico, a análise do desvio padrão indica excelente repetibilidade experimental na maioria das séries. Para o concreto com brita, os desvios padrão foram de 1,74

MPa aos 7 dias e 0,92 MPa aos 14 dias, correspondendo a coeficientes de variação de 3,45% e 1,63%. Valores inferiores a 5% são considerados indicadores de alta precisão experimental, evidenciando que o processo de moldagem, cura e ruptura foi conduzido com elevado controle.

No concreto com seixo natural, o desvio padrão aos 7 dias foi de apenas 0,51 MPa (CV=1,09%), demonstrando uniformidade excelente. Entretanto, aos 14 dias, o desvio padrão aumentou para 4,46 MPa (CV=8,67%), valor ainda aceitável experimentalmente, mas significativamente superior aos demais.

Essa dispersão foi provocada por um resultado individual mais elevado que os demais corpos de prova, o que sugere uma variação pontual e não sistemática, possivelmente associada a diferenças locais de acomodação do concreto ou pequenas heterogeneidades internas. Como os demais resultados mantiveram coerência, não há evidência de erro de dosagem ou falha metodológica.

Portanto, a interpretação dos dados obtidos confirma três conclusões fundamentais: o comportamento mecânico segue a tendência teórica esperada, os resultados experimentais apresentam elevada consistência estatística e o tipo de agregado exerce influência decisiva na resposta estrutural do concreto autoadensável.

3.2.2. Resistência à Tração por Compressão Diametral

Os resultados obtidos no ensaio de resistência à tração por compressão diametral para os corpos de prova moldados com brita 0 (**Figura 11**) e com seixo natural (**Figura 12**) evidenciaram comportamento compatível com os concretos autoadensáveis analisados à compressão.

Figura 11:Corpo de prova moldado com brita 0 na prensa para o ensaio de resistência à tração por compressão diametral.



Fonte: Autor, 2026.

Figura 12: Corpo de prova moldado com seixo natural na prensa para o ensaio de resistência à tração por compressão diametral.



Fonte: Autor, 2026.

Esse ensaio permitiu avaliar indiretamente a resistência à tração do concreto, parâmetro essencial para análise da suscetibilidade à fissuração e da integridade estrutural do material, sendo particularmente sensível à qualidade da zona de transição interfacial entre pasta e agregado.

Ainda, observa-se, através da **Tabela 8**, que houve evolução de resistência entre 7 e 14 dias para ambos os traços, indicando progressão das reações de hidratação e consequente densificação da matriz cimentícia. O concreto com brita apresentou crescimento aproximado de 7,6%, enquanto o concreto com seixo apresentou aumento de cerca de 15,5%.

Tabela 8: Resultados da resistência à tração por compressão diametral de cada CP.

Traço	Idade	CP1 (MPa)	CP2 (MPa)	CP3 (MPa)	Média (MPa)	Desvio padrão	CV (%)
Brita 0	7 dias	3,51	4,24	2,91	3,55	0,67	18,9
Brita 0	14 dias	4,13	4,46	2,88	3,82	0,83	21,7
Seixo	7 dias	2,4	3,14	2,58	2,71	0,39	14,4
Seixo	14 dias	2,96	3,83	2,61	3,13	0,63	20,1

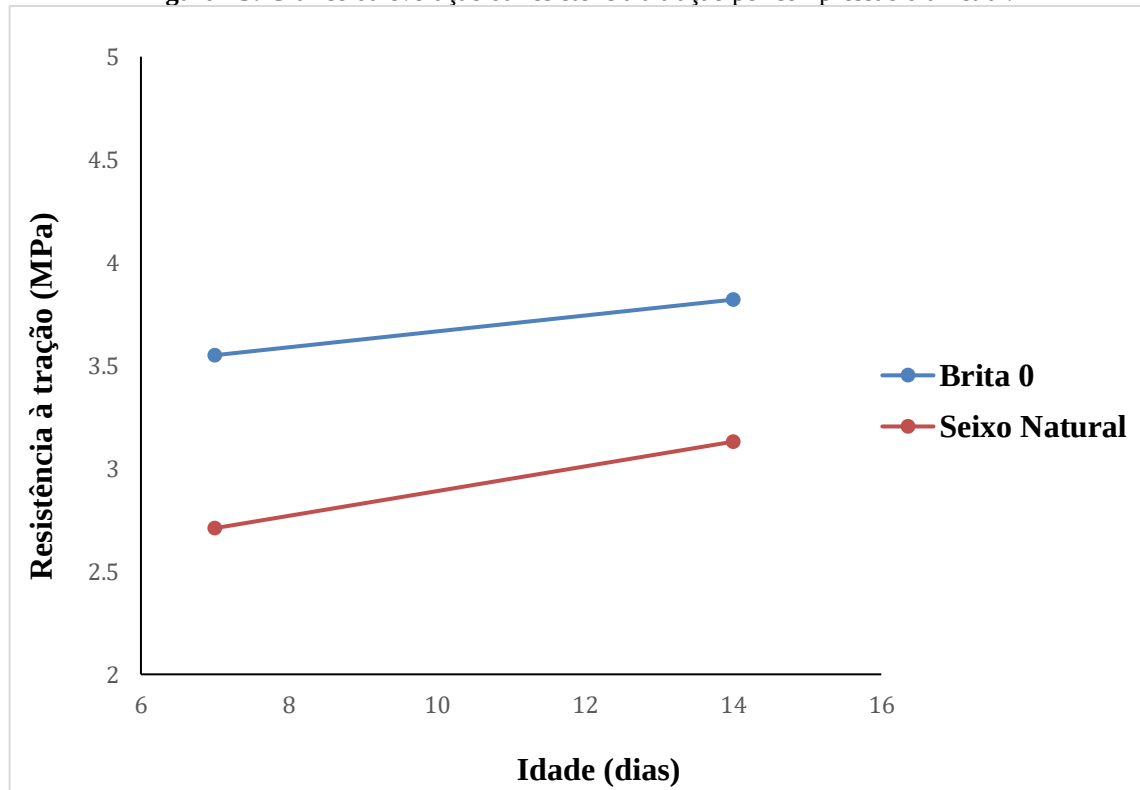
Fonte: Autor, 2026.

Esse comportamento confirma também a tendência descrita na literatura de tecnologia do concreto, segundo a qual o ganho de resistência à tração ocorre gradualmente com o avanço da hidratação, sendo influenciado diretamente pela microestrutura e pela qualidade da interface pasta-agregado.

Além disso, pode-se concluir que o concreto produzido com brita apresentou resistências superiores em todas as idades, superando o concreto com seixo em aproximadamente 31% aos 7 dias e 22% aos 14 dias. Esse resultado, evidenciado graficamente na Figura 13, confirma a influência decisiva da morfologia do agregado graúdo na resistência à tração do concreto.

Agregados britados apresentam textura superficial mais rugosa e geometria angular, características que promovem maior ancoragem mecânica e melhor transferência de tensões entre a pasta e o agregado. Em contrapartida, agregados arredondados, como o seixo natural, possuem superfície lisa e menor capacidade de intertravamento, o que reduz a resistência à fissuração, embora favoreça a trabalhabilidade da mistura no estado fresco.

Figura 13: Gráfico da evolução da resistência à tração por compressão diametral.



Fonte: Autor, 2026.

Sob a ótica estatística, os coeficientes de variação obtidos foram mais elevados do que aqueles observados no ensaio de compressão axial, variando aproximadamente entre 14% e 22%. Esse comportamento é esperado, pois a resistência à tração é naturalmente mais sensível a pequenas heterogeneidades internas do concreto, como variações de distribuição granulométrica, presença de vazios microscópicos e microfissuras internas. Ainda assim, os

valores obtidos são aceitáveis para ensaios laboratoriais desse tipo, não indicando inconsistências metodológicas.

Outrossim, a interpretação dos dados, para este ensaio, confirma que o comportamento evolutivo da resistência segue a tendência teórica prevista para materiais cimentícios, os resultados apresentam consistência estatística satisfatória e, principalmente, o tipo de agregado graúdo exerce influência direta e significativa na resistência à tração do concreto autoadensável.

Esse achado reforça, portanto, que a seleção do agregado não deve ser tratada apenas como variável econômica ou de disponibilidade local, mas como um parâmetro tecnológico determinante para o desempenho estrutural do material.

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos ao longo da campanha experimental demonstraram que o tipo de agregado graúdo exerce influência decisiva tanto nas propriedades reológicas quanto no desempenho mecânico do concreto autoadensável, confirmando premissas amplamente consolidadas na tecnologia do concreto.

No estado fresco, o traço produzido com seixo natural apresentou comportamento superior de fluidez, capacidade de passagem e estabilidade de escoamento, evidenciando menor atrito interno e melhor mobilidade da mistura, características diretamente associadas à morfologia arredondada e à textura superficial lisa desse agregado.

Por outro lado, no estado endurecido, o concreto com agregado britado apresentou resistências à compressão axial e à tração por compressão diametral sistematicamente superiores, indicando maior eficiência estrutural e melhor desempenho da zona de transição interfacial pasta-agregado. Esse comportamento confirma que partículas angulares e rugosas promovem maior aderência mecânica e melhor transferência de tensões internas, resultando em matriz mais resistente e estruturalmente eficiente.

Além disso, a análise estatística reforçou a confiabilidade dos resultados, com coeficientes de variação predominantemente baixos, evidenciando bom controle de moldagem, cura e ensaio. A única dispersão mais elevada observada não compromete a interpretação global, sendo atribuída a variação pontual e não sistemática. Além disso, a evolução de resistência entre 7 e 14 dias mostrou-se coerente com o comportamento esperado da hidratação do cimento, confirmando a qualidade dos materiais e a adequação do procedimento experimental.

De forma integrada, os resultados permitem concluir que há uma relação de equilíbrio entre reologia e resistência: agregados arredondados favorecem trabalhabilidade e desempenho no estado fresco, enquanto agregados britados favorecem resistência mecânica e desempenho estrutural. Assim, a escolha do agregado mais adequado deve ser orientada pelas exigências específicas de aplicação do concreto, considerando simultaneamente critérios de execução, desempenho mecânico e finalidade estrutural.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2015. (Versão corrigida 2016).

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

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15823-1**: Concreto autoadensável. Parte 1: Classificação, controle e recebimento no estado fresco. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15823-2**: Concreto autoadensável. Parte 2: Determinação do espalhamento, do tempo de escoamento e do índice de estabilidade visual - Método do cone de Abrams. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15823-3**: Concreto autoadensável. Parte 3: Determinação da habilidade passante - Método do anel J. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15823-4**: Concreto autoadensável. Parte 4: Determinação da habilidade passante - Métodos da caixa L e da caixa U. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15823-5**: Concreto autoadensável. Parte 5: Determinação da viscosidade - Método do funil V. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

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

FOCHS, Rafael Gómez et al. **Estudo comparativo entre métodos de dosagem de concreto autoadensável**. 2011.

MEHTA, Povindar Kumar; MONTEIRO, Paulo Jose Melaragno. **Concreto**: microestrutura, propriedades e materiais. São Paulo: Ibracon, 2008.

MELO, Karoline Alves de et al. **Contribuição à dosagem de concreto auto-adensável com adição de filer calcário**. 2005.

MOREIRA, Kelvya Maria de Vasconcelos. **Concreto autoadensável com agregados graúdos reciclados de concreto**. 2012. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil) — Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

NEVILLE, Adam M. **Tecnologia do concreto**. Porto Alegre: Bookman, 2013.

PETRY, Filippe *et al.* **Análise e otimização do método de dosagem Repette-Melo para concreto autoadensável através do modelo de empacotamento compressível de partículas (mec).** 2015.

PIERALISI, Ricardo *et al.* Contribuição para o desenvolvimento de uma metodologia de dosagem para concreto permeável baseada no desempenho. **Journal of Urban Technology and Sustainability**, v. 3, n. 1, p. 18-27, 2020.

SILVA, M. A.; SOUZA, R. L. Influência do tipo de agregado graúdo nas propriedades do concreto autoadensável. **Revista Matéria**, v. 23, n. 3, 2018.

TUTIKIAN, Bernardo Fonseca. **Proposição de um método de dosagem experimental para concretos auto-adensáveis.** 2007. Tese (Doutorado em Engenharia) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

TUTIKIAN, Bernardo Fonseca; DAL MOLIN, Denise Carpena. **Concreto autoadensável.** São Paulo: Pini, 2008.