



De 17/07/2024 a 20/07/2024
Fortaleza, Ceará.
DOI: 10.5281/zenodo.13170813

Congresso Brasileiro de Patologia das Construções

ESTUDO DE ADERÊNCIA EM ARGAMASSAS DE REPARO APLICADAS EM SUPERFÍCIES DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO DA UHI

João Bernardino De Oliveira Lopes^{1*}, Carolina De Fátima M. Godoi²; João Felipe Betineli ¹;
Nestor Genaro Cardozo Rodriguez ¹
*Autor de contato: joaobol@itaipu.gov.br

¹ Divisão de Manutenção Civil e Industrial, UHI Itaipu Binacional, Foz do Iguaçu-Pr, Brasil

² Departamento Acadêmico de Engenharia Civil, Unicesumar, Maringá-Pr, Brasil

RESUMO

A Usina Hidrelétrica de Itaipu (UHI), localizada em Foz do Iguaçu-Pr, está em operação há mais de 35 anos e as superfícies das estruturas de concreto apresentam a necessidade de manutenções por meio de reparos, sejam eles preventivos ou corretivos. Os maiores problemas encontrados, relacionados ao desempenho de uma área reparada, são a fissuração e o posterior descolamento entre o material de reparo e o substrato de concreto, portanto, pode-se considerar que a aderência é a propriedade mais importante a ser avaliada para reparos executados em superfícies de estruturas de concreto. O objetivo deste estudo é avaliar a resistência de aderência à tração dos materiais que são utilizados para reparo de superfícies das estruturas de concreto da Usina Hidrelétrica de Itaipu através da comparação de resultados de argamassas de reparo aplicadas com e sem ponte de aderência com epóxi fluido. Para isso foram realizados ensaios baseados no método proposto pela NBR 15258 - Argamassa para revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência potencial de aderência à tração. Nos resultados obtidos notou-se que a ponte de aderência com epóxi fluido melhora o desempenho de uma área reparada, sendo que neste estudo foi utilizada ponte de aderência em argamassas com consistências seca e plástica e o resultado foi satisfatório nos dois casos.

Palavras-chave: Argamassa, reparo, ponte de aderência.

ABSTRACT

The Itaipu Binacional Hydroelectric Power Plant (UHI), located in Foz do Iguaçu-Pr, has been in operation for more than 35 years and the surfaces of the concrete structures require maintenance through repairs, whether preventive or corrective. The biggest problems encountered in relation to the performance of a repaired area are related to cracking and subsequent detachment between the repair material and the concrete substrate, therefore, it can be considered that adhesion is the most important property to be evaluated for repairs performed on surfaces of concrete structures. The aim of this study is to evaluate the tensile bond strength of materials that are used to repair the surfaces of concrete structures at the Itaipu Hydroelectric Power Plant by comparing the results of repair mortars applied with and without bonding bridges with fluid epoxy. For this, tests were carried out based on the method proposed by NBR 15258 - Mortar for coating walls and ceilings - Determination of the potential resistance of adhesion to traction. In the results obtained, it was noted that the adhesion bridge with fluid epoxy improves the performance of a repaired area, and in this study an adhesion bridge was used in mortars with dry and plastic consistency and the result was satisfactory in both cases.

Keywords: Mortar, repair, tack bridge.

1. INTRODUÇÃO

A Usina Hidrelétrica de Itaipu (UHI), localizada em Foz do Iguaçu-Pr, é líder mundial em produção de energia elétrica, tendo produzido mais de 2,8 milhões de gigawatts-hora (GWh) desde o início de sua operação, em 1984. Com 20 unidades geradoras e 14.000 MW de potência instalada está em operação há mais de 35 anos. Assim suas estruturas de concreto apresentam a necessidade de manutenção por meio de reparos, sejam eles preventivos ou corretivos, identificadas através de inspeções periódicas (ITAIPU BINACIONAL, 2022).

A Divisão de Manutenção Civil e Industrial da Usina Hidrelétrica de Itaipu realiza inspeções contínuas nas estruturas de concreto e adota padrões quanto aos reparos executados em manifestações patológicas localizadas em suas superfícies, principalmente quanto ao tipo de material que deve ser aplicado. A manifestação patológica pode ser definida como parte da engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e as origens dos defeitos das construções civis, ou seja, o estudo das partes que compõem o diagnóstico do problema (HELENE, 1988).

Em relação à correção de manifestações patológicas em superfícies de concreto é necessário que o reparo aplicado tenha suas propriedades mecânicas compatíveis com a exposição sofrida pela estrutura, além de possuir boa compatibilidade com o substrato. Os maiores problemas encontrados em relação ao desempenho de um reparo, são a fissuração e posterior descolamento entre o material de reparo e o substrato de concreto, ou seja, falha na aderência do material aplicado (MADEIRO, 2019).

A aderência pode ser considerada a propriedade mais importante para reparos executados em superfícies de estruturas de concreto, principalmente as que são submetidas a desgastes hidro-erosivo de fluxos hidráulicos, bem como as que estão expostas ao intemperismo. Portanto, a aderência pode ser determinante para que o material de reparo tenha um bom desempenho e durabilidade, tornando esse tema de grande relevância para estudo.

O estudo de aderência, bem como de outras propriedades mecânicas, pode auxiliar sobre o melhor uso e compatibilização de um material de reparo, de acordo com seu local de aplicação. Atualmente a Usina Hidrelétrica de Itaipu utiliza ponte de aderência com adesivo epóxi fluido combinado com argamassa a base de epóxi. Com a elaboração deste estudo será possível verificar a influência do uso de ponte de aderência em todas as argamassas disponíveis, sejam a base de epóxi ou cimentícias e/ ou de consistência seca ou plástica, possibilitando a tomada de decisões quanto às melhores combinações de materiais de reparo para uso nas superfícies das estruturas de concreto.

O objetivo deste trabalho é avaliar a resistência de aderência à tração dos materiais que são utilizados para reparo de superfícies das estruturas de concreto da Usina Hidrelétrica de Itaipu através da comparação de resultados de argamassas de reparo aplicadas com e sem ponte de aderência com epóxi fluido. Também será avaliado o desempenho da aderência da argamassa com base cimentícia com adição de sílica ativa nas condições seca e plástica e caracterizar as propriedades mecânicas de resistência a compressão e tração na flexão de todos os materiais utilizados.

2. IMPORTÂNCIA DA ADERÊNCIA PARA REPAROS EM SUPERFÍCIES DE CONCRETO DE USINAS HIDRELÉTRICAS.

Segundo Kudlanvec Junior (2017), a aderência em reparos estruturais acontece através do mecanismo relacionado com as forças químicas que são responsáveis pela ancoragem entre a matriz reativa do material novo e o substrato de concreto. A baixa resistência à aderência em

materiais de reparo faz com que sejam facilmente suscetíveis a ocorrência de fissuras na interface e posterior desprendimento.

Segundo Kormann et al (2002), o desgaste apresentado nas estruturas hidráulicas de concreto das usinas hidrelétricas, com por exemplo as erosões superficiais, ocasionadas por abrasão e por cavitação hidráulica, tem sido causa de preocupação constante das empresas proprietárias destes empreendimentos.

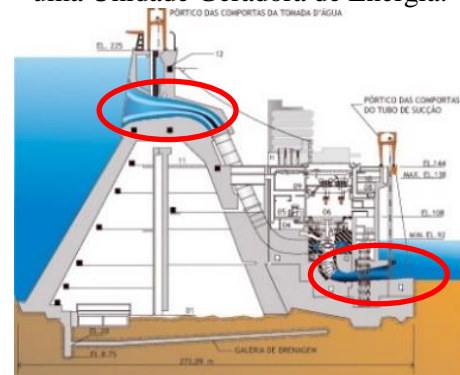
De acordo com o procedimento interno da Usina Hidrelétrica de Itaipu, IM.CI.001 – Instrucción de mantenimiento – Anormalidades em el hormigón (1997), a escolha e definição dos materiais de reparo para aplicação nas superfícies das estruturas de concreto depende das condições de serviço a que estas estão expostas, principalmente quanto às estruturas que sofrem desgastes hidro-erosivos provocados por fluxos hidráulicos, como por exemplo, as calhas do vertedouro (Figura 1), a tomada d'água e o tubo de sucção das unidades geradoras (Figura 2). Estas necessitam serem reparadas com materiais com características de durabilidade frente a estas ações de serviço.

Figura 1 – Vertedouro da UH Itaipu, com as três calhas em operação: Direita, central e esquerda.



Fonte: Usina Hidrelétrica de Itaipu (adaptado pelo autor)

Figura 2 – Localização da tomada d'água e tubo de sucção (circulado em vermelho) em uma Unidade Geradora de Energia.



Para as estruturas da barragem e casa de força (Figura 3), onde não há exposição a fluxos hidráulicos, os materiais de reparo aplicados devem possuir compatibilidade com o concreto da estrutura, além de possuírem característica de boa aderência.

Figura 3 – Barragem de concreto e a casa de força da Usina Hidrelétrica de Itaipu.



Fonte: Usina Hidrelétrica de Itaipu

Segundo Costa (2014) *apud* Kudlanvec Junior (2017) para que haja o desenvolvimento da aderência entre matrizes cimentícias no reparo endurecido, é necessário ter adesão inicial adequada quando a matriz é aplicada em estado fresco. Para que isto ocorra, a matriz deve recobrir toda a

superfície do substrato, devendo apresentar características reológicas, empacotamento e distribuição das partículas da matriz adequadas às características superficiais do substrato.

Dentre os materiais que são utilizados para reparo nas superfícies das estruturas de concreto da UHI destacam-se as argamassas com base epóxi, argamassas de base cimentícia com adições minerais, como sílica ativa, e argamassas de base cimentícia simples com cimento e areia. A Tabela 1 apresenta os materiais de reparo indicados para uso de acordo com o tipo de estrutura de concreto da UHI, sendo apresentado também a consistência necessária para aplicação de acordo com a IM.CI.001- Instrucción de mantenimiento – Anormalidades em el hormigón (1997).

Tabela 1 – Materiais de reparo de acordo com o tipo de estrutura de concreto da UHI.

Tipo da estrutura de concreto	Material de reparo indicado	Consistência	Ponte de aderência
Vertedouro	Argamassa com base epóxi	Seca	Sim
	Argamassa base cimentícia com adição de sílica ativa	Plástica	Não
Tomada d'água /Tubo de sucção	Argamassa com base epóxi	Seca	Sim
Barragem/ Casa de força	Argamassa base cimentícia simples	Seca	Não
	Argamassa base cimentícia com adição de sílica ativa	Seca	Não

Fonte: Usina Hidrelétrica de Itaipu (Adaptado pelo Autor)

A escolha e definição dos materiais para as superfícies das estruturas de concreto do vertedouro, tomada d'água e tubo de sucção levam em consideração o desgaste as quais estas são submetidas. No entanto, além de possuir durabilidade frente a essa ação, é fundamental que o material possua excelente aderência ao substrato, para evitar desprendimentos que podem ser ocasionados pelo fluxo hidráulico.

Segundo Madeiro (2019), a preparação da superfície também é um fator importante para a obtenção de uma ligação adequada. Um bom processo de limpeza da superfície pode ser considerado o ponto chave para um bom desempenho da aderência. O uso de ponte de aderência pode ser considerada uma boa solução para união entre o material de reparo e o substrato, sendo os adesivos epóxi fluidos os mais utilizados, no entanto, os cuidados na preparação e limpeza da superfície devem ser seguidos.

Os procedimentos de preparo e limpeza do substrato são tão importantes que alguns autores consideram esse processo como responsáveis por 50% ou mais do sucesso de uma recuperação ou reforço. Um preparo e limpeza inadequados podem comprometer integralmente um reparo, por melhor e mais adequados que sejam os materiais e os sistemas empregados (HELENE, 1988).

3. METODOLOGIA

A pesquisa realizada é de caráter exploratório, sendo avaliada principalmente a influência do uso de ponte de aderência com epóxi fluido para as argamassas utilizadas em reparos nas estruturas de concreto da UHI, sendo que os ensaios e resultados serão baseados no método proposto pela NBR 15258 - Argamassa para revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência potencial de aderência à tração. Também serão obtidas outras propriedades mecânicas com o objetivo de caracterizar os materiais de reparo. A caracterização dos materiais e os ensaios foram realizados

na Usina Hidrelétrica de Itaipu, de acordo com os procedimentos específicos das correspondentes normas técnicas de ensaio.

A seguir são apresentados e identificados os materiais de reparo com as devidas dosagens, o concreto que foi utilizado como substrato e a metodologia de ensaio para obtenção de valores de resistência de aderência a tração.

3.1 Materiais de reparo

A seguir serão apresentadas a descrição e as dosagens recomendadas para cada material que é utilizado para reparo nas superfícies das estruturas de concreto da Usina Hidrelétrica de Itaipu.

3.1.1 Ponte de aderência

A ponte de aderência é executada com uso de um adesivo estrutural fluido à base de resina epóxi, que pode ser aplicado para proteção de armadura oxidada e/ou diretamente na superfície a ser reparada proporcionando melhor ligação do material de reparo com o substrato. A Figura 4 mostra a forma de aplicação da ponte de aderência com uso de pincel.

Figura 4 – Aplicação do adesivo estrutural fluido à base de resina epóxi como ponte de aderência.



Fonte: Autor

Embora o material seja de fácil aplicação, a superfície do concreto (substrato) deve estar: seca, limpa e isenta de agentes contaminantes como óleos ou graxas.

3.1.2 Argamassas com base epóxi

A argamassa com base epóxi tem sua dosagem realizada por volume, conforme consta na Tabela 2. Também deve ser utilizada uma ponte de aderência com adesivo estrutural fluido a base de epóxi na aplicação do reparo.

Tabela 2 – Dosagem em volume da argamassa a base de epóxi

Descrição	Traço
Adesivo estrutural fluido à base de resina epóxi	1
Cimento Portland (Tipo II, III, IV e V)	0,5
Areia natural seca (Passante na peneira 2.4mm)	3

Fonte: Usina Hidrelétrica de Itaipu (adaptado pelo autor)

A Figura 5 mostra a aplicação da ponte de aderência e a Figura 6 apresenta uma superfície acabada de um reparo executado com argamassa com base epóxi.

Figura 5 – Aplicação de ponte de aderência com adesivo epóxi fluido.



Figura 6 – Superfície de um reparo executado com argamassa a base de epóxi



Fonte: Autor

3.1.3 Argamassas com base cimentícia – Consistência seca

Esse tipo de argamassa de reparo deve possuir a característica de consistência seca para aplicação manual, sem o uso de formas e para aplicação em superfície de paredes e pisos inclinados. A aplicação é realizada com uso de colher de pedreiro pressionando a argamassa sobre a área a ser reparada e posteriormente é feito o acabamento da superfície. A dosagem é realizada em volume, conforme apresenta a Tabela 3.

Tabela 3 – Dosagem em volume das argamassas com base cimentícia com consistência seca.

Materiais	Argamassa: cimento e areia	Argamassa: cimento + sílica e areia
Cimento Portland (Tipo II, III, IV e V)	1	1
Sílica ativa	0	0,10
Areia natural seca	2	2
Água	Até consistência seca com coesão (manual)	

Fonte: Usina Hidrelétrica de Itaipu (adaptado pelo autor)

A quantidade de água determinada provisoriamente deve ser suficiente para que a argamassa permaneça com consistência seca, porém, que não se desintegre ao fazer uma “bola” com ela (com a mão fechada), não apresente exsudação e não tenha aderência com a mão.

3.1.4 Argamassas com base cimentícia – Consistência plástica

Esse tipo de argamassa de reparo deve possuir consistência plástica, podendo ser aplicada com uso de colher de pedreiro e acabamento com uso de desempenadeira de madeira. Esta é uma argamassa de base cimentícia de consistência plástica que tem em sua composição principal os aglomerantes como cimento e sílica ativa, uso de aditivos plastificantes e superplastificantes para melhorar a trabalhabilidade e a fibra de polipropileno para reduzir a retração. A Tabela 4 apresenta as quantidades de materiais em massa para dosagem da argamassa.

Tabela 4 – Material de reparo para uso na superfície do vertedouro para reparos em erosões com profundidade de 1 a 4cm.

Materiais (Kg/m ³)						
Cimento CP II Z 32	Sílica ativa	Areia natural	Areia artificial lavada	Água	Aditivo SP tipo II	Fibra de polipropileno de 6mm
528	79	750	750	243	3,03	0,73

Fonte: Usina Hidrelétrica de Itaipu (adaptado pelo autor)

Devido a sua consistência esse tipo de argamassa é indicada para superfícies de piso, não sendo indicado aplicação em superfície de paredes.

3.2 Ensaios

Neste estudo foi avaliado principalmente a aderência a tração ao substrato, assim como a obtenção de outras propriedades mecânicas das argamassas visando obter as características dos materiais utilizados.

3.2.1 Ensaio de aderência à tração

Os ensaios de aderência à tração foram realizados conforme NBR 15258 - Argamassa para revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência potencial de aderência à tração, sendo realizadas devidas adaptações, com a substituição do substrato padrão por placas de concreto medindo 50x50x7 cm, produzidas em concreto com resistência a compressão acima de 40 MPa. As Figuras 7 e 8 mostram a concretagem das placas de concreto.

Figura 7 – Concretagem das placas de concreto.



Figura 8 – Placas após a concretagem.



Fonte: Autor

A tabela 5 apresenta os resultados de resistência a compressão axial e tração por compressão diametral para o concreto aplicado nas placas de concreto.

Tabela 3 – Resistência a compressão axial e tração por compressão diametral do concreto.

Compressão axial (MPa)	Tração por compressão diametral (MPa)
46,1	4,34

Fonte: Autor

Após 28 dias de cura foi executada a preparação da superfície para aplicação dos materiais de reparo, com a realização de cortes com 2,5 cm de profundidade (Figuras 9 e 10) para delimitação da área e demolições no centro da placa (Figura 11).

Figura 9 – Corte para delimitação da área de reparo



Figura 10 – Demolição da área para aplicação do reparo.



Figura 11 – Áreas de reparo preparadas para aplicação



Fonte: Autor

Os materiais de reparo foram aplicados conforme se executa comumente na UHI, sendo que cada argamassa foi aplicada com e sem ponte de aderência com epóxi fluido. A Figura 12, mostra a aplicação do epóxi fluido e as Figuras 13 e 14 a aplicação de uma argamassa em áreas com e sem ponte de aderência.

Figura 12 – Aplicação de ponte de aderência com adesivo epóxi fluido.



Figura 13 – Aplicação de material de reparo em área com ponte de aderência.



Figura 14 – Aplicação de material de reparo em área sem ponte de aderência.



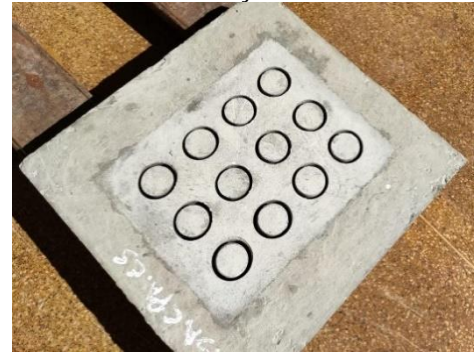
Fonte: Autor

Para a realização dos ensaios de aderência à tração foram preparados corpos de prova com diâmetro de 49 mm, sendo executados cortes com profundidade de 2,7 cm com uso de equipamento com broca copo diamantada, conforme mostra a Figura 15. Foram realizadas a preparação de 12 corpos de prova para ensaio de aderência a tração, conforme mostra a Figura 16.

Figura 15 – Equipamento utilizado para corte dos corpos de prova.



Figura 16 – Cortes realizados para ensaio de aderência a tração.



Fonte: Autor

As Figuras 17 e 18 mostram a colagem com epóxi fluido das placas metálicas redondas nos corpos de prova para a execução do ensaio de aderência a tração e a Figura 19 apresenta a realização do ensaio com equipamento aderímetro.

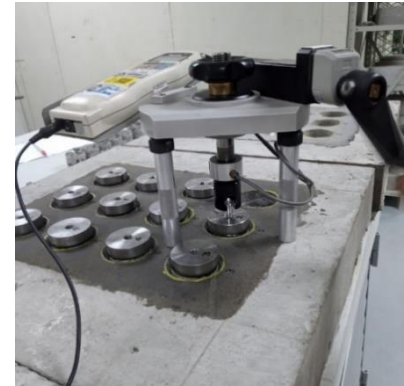
Figura 17 – Colagem das placas metálicas redondas para o ensaio de aderência a tração.



Figura 18 – Corpos de prova preparados para ensaio de aderência a tração.



Figura 19 – Ensaio de aderência a tração com uso de aderímetro.



Fonte: Autor

3.2.2 Ensaio complementares

Foram realizados ensaios de caracterização mecânica dos materiais de reparo, conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 – Ensaios complementares realizados aos 28 dias.

Ensaio	Norma	Dimensões (mm)	Quant. de CPs
Compressão Axial	NBR 5739	50x100	2
Tração na flexão	ASTM C348	40x40x160	3

Fonte: Autor

3.2.3 Identificação das amostras

Ao todo foram testadas 8 diferentes formas de reparo, variando para as argamassas com base de epóxi e cimentícia a presença ou não de ponte de aderência com adesivo epóxi fluido estrutural. As argamassas foram identificadas conforme os exemplos abaixo:

Argamassa: CI.SA.CS.CPA

Onde:

CI: Base cimentícia

SA: Com Sílica Ativa

CS: Consistência Seca

CPA: Com Ponte de Aderência

Argamassa: EP.CS.SPA

Onde

EP: Base de epóxi

CS: Consistência Seca

SPA: Sem Ponte de Aderência

A tabela 7 apresenta a codificação e identificação das argamassas de acordo com tipo, consistência e quanto ao uso ou não de ponte de aderência.

Tabela 7 – Codificação e identificação das argamassas.

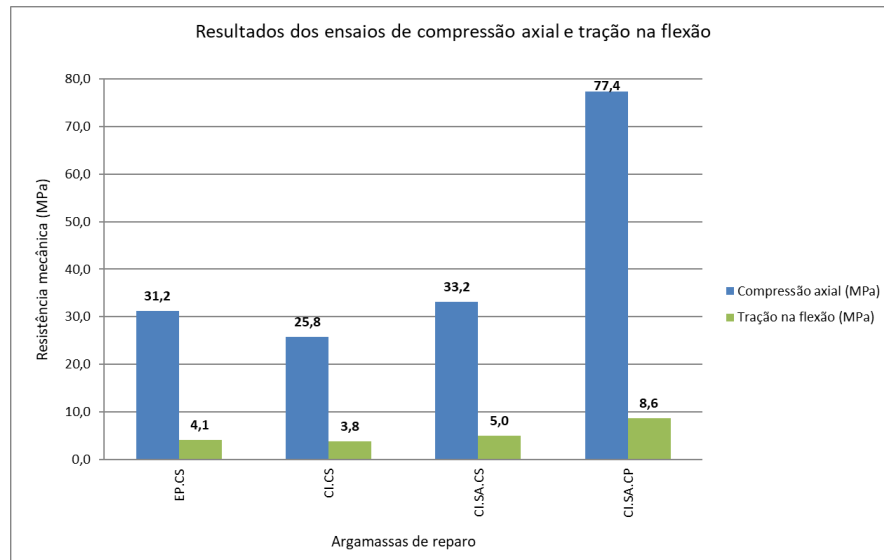
Identificação	Tipo de argamassa
EP.CS.SPA	Base de epóxi fluido, consistência seca e sem ponte de aderência
EP.CS.CPA	Base de epóxi fluido, consistência seca e com ponte de aderência
CI.CS.SPA	Base cimentícia, consistência seca e sem ponte de aderência
CI.CS.CPA	Base cimentícia, consistência seca e com ponte de aderência
CI.SA.CS.SPA	Base cimentícia com adição de sílica ativa, consistência seca e sem ponte de aderência
CI.SA.CS.CPA	Base cimentícia com adição de sílica ativa, consistência seca e com ponte de aderência
CI.SA.CP.SPA	Base cimentícia com adição de sílica ativa, consistência plástica e sem ponte de aderência
CI.SA.CP.CPA	Base cimentícia com adição de sílica ativa, consistência plástica e com ponte de aderência

Fonte: Autor

4. RESULTADOS

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Tecnologia de Concreto da Usina Hidrelétrica de Itaipu. A Figura 20 apresenta os resultados de compressão axial conforme NBR 5739 e tração na flexão (ASTM C-348) aos 28 dias para 4 argamassas de reparo utilizadas.

Figura 20 – Gráfico com os resultados dos ensaios de compressão e tração na flexão.



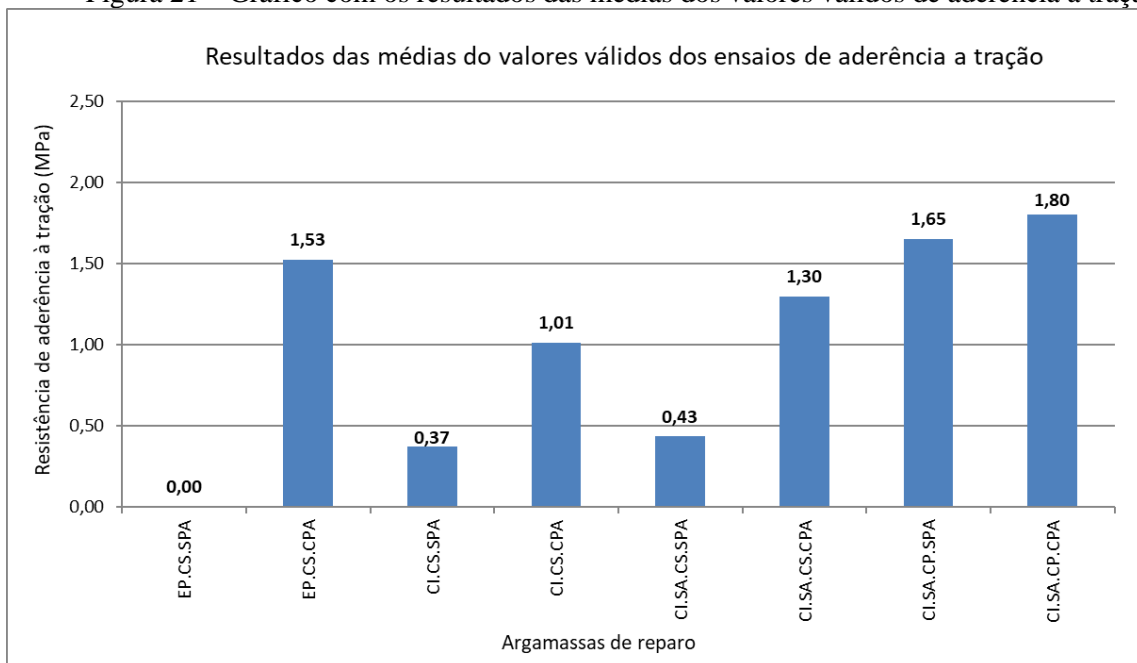
Fonte: Autor

Os maiores valores de compressão axial e tração na flexão foram obtidos para a argamassa cimentícia com sílica ativa de consistência plástica, sendo respectivamente 77,4 e 8,6 MPa. A argamassa a base de epóxi (EP.CS) e as cimentícias de consistência seca, CI.CS e CI.SA.CS, obtiveram valores de compressão entre 25,8 e 33,2MPa e tração na flexão de 3,8 a 5,0MPa.

Nos resultados dos ensaios de aderência a tração são considerados os valores obtidos para os 12 corpos de prova ensaiados e apresentados os valores médios válidos considerando o descarte dos que se afastaram 30% da média, conforme preconiza a NBR 15258. Nos resultados obtidos para cada tipo de argamassa, com ou sem ponte de aderência, foi observado em média um descarte de 5 valores que diferiram 30% em relação à média obtida.

A Figura 21 apresenta os resultados das médias de aderência a tração considerando somente os valores válidos.

Figura 21 – Gráfico com os resultados das médias dos valores válidos de aderência a tração.



Fonte: Autor

Observa-se que os menores valores obtidos foram para as argamassas de consistência seca e sem ponte de aderência: EP.CS.SPA, CI.CS.SPA e CI.SA.CS.SPA.

Nos ensaios realizados na argamassa EP.CS.SPA, os 12 corpos de prova se desprenderam do substrato no momento do corte (Figura 22). Neste caso os valores foram considerados como 0 (Zero), ou seja, não houve aderência da argamassa ao substrato.

Figura 22 – Corpos de prova da argamassa EP.CS.SPA desprendidos do substrato durante o corte.



Fonte: Autor

Segundo a NBR 15258:2021 a ruptura dos corpos de prova nem sempre ocorre na interface entre a argamassa e o substrato (concreto), neste caso deve-se examinar e registrar a forma de ruptura ocorrida identificando os percentuais de áreas de ruptura. As Figuras 23, 24, 25 e 26 apresentam exemplos de tipos de ruptura ocorridos em corpos de prova de diferentes argamassas.

Figura 23 - Argamassa EP.CS.CPA: Ruptura 100% concreto.



Figura 24 - Argamassa CI.CS.SPA: Ruptura 100% concreto/argamassa.



Figura 25 - Argamassa CI.SA.CS.CPA: Ruptura 100% concreto.



Figura 26 - Argamassa CI.SA.CP.SPA: Ruptura 100% concreto.



Fonte: Autor

Notou-se nas argamassas EP.CS.SPA, CI.CS.SPA e CI.SA.CS.SPA, com consistência seca e sem ponte de aderência, que grande parte das rupturas ocorreram na ligação concreto/argamassa. Já para argamassas com ponte de aderência, EP.CS.CPA, CI.CS.CPA, CI.SA.CS.CPA e CI.SA.CP.CPA, estas apresentaram rupturas no concreto ou na argamassa, ou seja, o valor real de aderência a tração é maior que os resultados obtidos, considerando que a aderência se baseia na ligação da argamassa com o substrato.

5. CONCLUSÃO

Neste estudo todas as argamassas de reparo aplicadas com ponte de aderência e a argamassa CI.SA.CP.SPA, com consistência plástica e sem ponte de aderência, obtiveram as melhores médias

quando comparada às argamassas EP.CS.SPA, CI.CS.SPA e CI.SA.CS.SPA de consistência seca e sem ponte de aderência.

Através destes resultados obtidos pode-se concluir que a ponte de aderência com epóxi fluido melhora o desempenho de uma área reparada, pois neste estudo foi utilizado ponte de aderência em argamassas com consistência seca e plástica e o resultado foi satisfatório nos dois casos.

Apesar das argamassas CI.CS.SPA e CI.SA.CS.SPA apresentarem valores menores de resistência a tração, este material pode ser utilizado para reparos em estruturas de concreto onde não ocorrem solicitações de serviço, não sendo recomendado o uso para locais com ações de fluxos hidráulicos como vertedouro e tubo de sucção.

A argamassa de reparo EP.CS.SPA não apresentou aderência ao substrato, no entanto essa argamassa não é aplicada para reparos nas estruturas da UHI sem o uso de ponte de aderência.

A argamassa de reparo CI.SA.CP.SPA apresentou bom desempenho, pois considerando que não foi utilizado ponte de aderência, ainda obteve valores de 1,72 MPa de aderência a tração e a ruptura do corpo de prova ocorreu no concreto, cabe ressaltar que devido a sua consistência plástica essa argamassa deve ser utilizada somente em regiões horizontais, como piso por exemplo.

Neste estudo foi observado que o uso de ponte de aderência com adesivo epóxi estrutural em aplicações combinadas com argamassas cimentícias, melhora o desempenho da aderência a tração, quando comparado a uma mesma área de reparo sem ponte de aderência. Através dos resultados obtidos gerou-se novas opções de métodos de reparo para aplicação nas superfícies das estruturas de concreto da UHI.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM C 348-18: Standard Test Method for Flexural Strength of Hydraulic-Cement Mortars.

_____. **NBR 7211**: Agregados para concreto - Requisitos. Rio de Janeiro, 2022.

_____. **NBR 7215**: Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2019.

_____. **NBR 7222** - Concreto e argamassa — Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 15258** - Argamassa para revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência potencial de aderência à tração, 2021.

IM.CI.001 – Instrucción de mantenimiento – Anormalidades em el hormigón,1997. Usina hidrelétrica de Itaipu.

FURNAS. Manual de controle tecnológico do concreto em empreendimentos de geração (Goiânia-GO). Wesley Gonçalves Santana (et al), 2018.

KUDLANVEC JUNIOR, V. L. Aderência de argamassas de reparo em substrato de concreto com ênfase no comportamento reológico. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

KORMANN, A. C. M. Estudo do desempenho de quatro tipos de materiais para reparo a serem utilizados em superfícies erodidas de concreto de barragens. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Setor da Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

HELENE, P.R.L. Manual Prático para Reparo e Reforço de Estruturas de Concreto, Editora Pini, São Paulo, 1988.

MADEIRO, Francielly Isabel de Andrade. Estudo da aderência entre concreto e argamassas. Dissertação (mestrado) – Universidade do estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia. Rio de Janeiro, 2019.

VILLALBA, P. E.; PORTELLA, K. F.; BRAGA, J. A.; SALLES, A. Revista IBRACON. Ano X, 2002.