



Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Centro de Tecnologia e Ciências
Faculdade de Engenharia

Felipe Aguiar Braunstein

**Estudo da aderência entre concreto e argamassas industriais e
compósitos cimentícios reforçados com fibras: avaliação em
diferentes idades e do uso de ponte de aderência**

Rio de Janeiro
2020

Felipe Aguiar Brausntein

Estudo da aderência entre concreto e argamassas industriais e compósitos cimentícios reforçados com fibras: avaliação em diferentes idades e do uso de ponte de aderência



Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro Área de concentração: Estruturas.

Orientadores: Prof^a. Dra. Margareth da Silva Magalhães

Prof^a. Dra. Regina Helena Ferreira de Souza

Rio de Janeiro

2020

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/B

B825 Braunstein, Felipe Aguiar.
Estudo de aderência entre concreto e argamassas industriais e compósitos cimentícios reforçados com fibras: avaliação em diferentes idades e do uso de ponte de aderência / Felipe Aguiar Braunstein. – 2020.
179f.

Orientadoras: Margareth da Silva Magalhães, Regina Helena Ferreira de Souza.

Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia.

1. Engenharia civil - Teses. 2. Concreto - Teses. 3. Argamassa - Teses. 4. Cisalhamento - Teses. I. Magalhães, Margareth da Silva. II. Souza, Regina Helena Ferreira de. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia. IV. Título.

CDU 624.012.44

Bibliotecária: Júlia Vieira – CRB7/6022

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Felipe Aguiar Braunstein

Estudo da aderência entre concreto e argamassas industriais e compósitos cimentícios reforçados com fibras: Avaliação em diferentes idades e do uso de ponte de aderência.

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro Área de concentração: Estruturas.

Aprovado em:

Banca Examinadora:

Prof^a. Dra. Margareth da Silva Magalhães (Orientadora)
Faculdade de Engenharia – UERJ

Prof^a. Dra. Regina Helena Ferreira de Souza (Orientadora)
Faculdade de Engenharia – UERJ

Prof^a. Dra. Shirley do Socorro Melo de Souza
Faculdade de Engenharia – UERJ

Prof. Dr. Wilson Freitas Rebello da Silva Junior
Faculdade de Engenharia – UERJ

Prof^a. Dra. Reila Vargas Velasco
Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ

Rio de Janeiro

2020

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, minha irmã e minha noiva.

AGRADECIMENTOS

À minha família, pelo companheirismo e apoio incondicional nesse período de estudos, em especial à minha noiva Patrícia, que sempre me incentivou.

Aos meus pais, Bernardo e Marlene, pela excelente educação que proporcionaram a mim ao longo da vida, pelo apoio, amor e carinho dedicados. Agradeço igualmente à minha irmã Carolina, minha sobrinha Giovanna e meu cunhado Daniel, pelo constante incentivo.

Às minhas orientadoras, por terem acreditado no meu trabalho, pelos ensinamentos transmitidos e por sua dedicação.

Aos meus professores, Prof^a. Dra. Maria Elizabeth da Nóbrega Tavares, Prof. Dr. Rodrigo Bird Burgos, Prof. Dr André Tenchini da Silva, Prof. Dr José Guilherme Santos da Silva e Prof^a. Dra. Maria Fernanda Figueiredo de Oliveira pelas excelentes aulas e ensinamentos no decorrer do curso de mestrado.

Aos meus amigos e companheiros de trabalho Rodrigo Drummond, Leonardo Bastos, Marcelo Donas e Alan Barile por todos os momentos de amizade e pelos conhecimentos compartilhados.

RESUMO

BRAUNSTEIN, Felipe Aguiar. **Estudo da aderência entre concreto e argamassas industriais e compósitos cimentícios reforçados com fibras**: avaliação em diferentes idades e do uso de ponte de aderência. 2020. 179f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

O reparo e o reforço estrutural estão cada vez mais presentes no cotidiano das empresas de construção civil. Isso ocorre em função do envelhecimento das construções, da falta de manutenção, da deterioração precoce, além da necessidade de readequação de estruturas já existentes visando a novos usos. Para que o reparo e o reforço garantam a integridade e a durabilidade das estruturas, alguns aspectos devem ser atendidos. A identificação correta das causas dos danos levará à definição da solução ideal para cada caso, a aplicação da boa técnica, nomeadamente no que diz respeito à remoção dos materiais deteriorados, à limpeza do substrato e a perfeita ligação entre o material novo e o material a ser reparado são fundamentais para o êxito do trabalho. Neste quesito, a garantia da aderência da ligação é um fator fundamental para a realização de um bom trabalho. Deste modo, o objetivo desta dissertação é verificar a resistência da aderência entre o concreto e sete tipos de argamassas sendo quatro tipos de argamassas industriais e três tipos de argamassas desenvolvidas em laboratório, avaliando-se a eficiência de ponte de aderência e a influência do tempo, através de ensaios de longa duração. Foram realizadas análises comparativas desses parâmetros entre si, com os resultados de outros pesquisadores e com limites normativos. Foram realizados dois tipos de ensaios: ensaio de cisalhamento oblíquo, de acordo com a norma britânica e ensaio de arrancamento de pastilhas, de acordo com as normas brasileiras e europeias. Após as análises, verificou-se que a utilização de ponte de aderência e o envelhecimento dos materiais traduzem um aumento da resistência de aderência do reparo.

Palavras-chave: Concreto; Argamassa; Aderência; Reparação; Ensaio de cisalhamento oblíquo; Ensaio de arrancamento.

ABSTRACT

BRAUNSTEIN, Felipe Aguiar. **Bond behaviour between concrete substrate and industrial mortars and fiber reinforced cementitious composites**: evaluation at different ages and effect of using an adhesive compound. 2020. 179f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

Repair and structural reinforcement are increasingly present in the daily life of civil construction companies. This occurs due to the aging of buildings, lack of maintenance, early deterioration, in addition to the need to adapt the existing structures to new uses. In order for the repair and reinforcement to guarantee the integrity and durability of the structures, some aspects must be attended to. The correct identification of the causes of the damage will lead to the definition of the ideal solution for each case, the application of good technique, namely with regard to cutting the deteriorated materials, cleaning the substrate and the perfect connection between the new material and the material to be used for repair are critical to the success of the job. In this regard, the guarantee of the adhesion of the connection is a fundamental factor for the performance of a good job. Thus, the objective of this dissertation is to verify the bond strength between concrete and seven types of mortar, four types of industrial mortars and three types of mortars developed in the laboratory, evaluating the efficiency of adhesion bridge and the influence of the aging process. Comparative analyses of these parameters were carried out with each other, with the results of other researchers and with normative limits. Two types of tests were carried out: slant shear test, according to the British standard and insert pull-off test, according to Brazilian and European standards. After the analyses, it was found that the use of adhesion bridge and the aging of the materials translate an increase in the adhesion resistance of the repair.

Keywords: Concrete; Mortar; Bond; Repair; Slant shear test; Pull-off test.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Curva tensão x deformação x abertura de fissuras de SHCC. (MAGALHÃES ET AL, 2010).....	26
Figura 2 – Superfície de um compósito reforçado com fibras após ensaio de cisalhamento oblíquo (ZANOTTI ET AL, 2018)	26
Figura 3 - Ensaio de tração direta (BS 6319-7, 1985).....	31
Figura 4–Ensaio de tração indireta (CLÍMACO, 1990)	32
Figura 5–Esquema do ensaio de arrancamento (SOUZA, 1990).....	32
Figura 6- Esquema do ensaio de resistência de aderência à tração na flexão (SANTANA, 2004).....	35
Figura 7- Push off test (CLÍMACO, 1990).	35
Figura 8 – Flexural test (CLÍMACO, 1990).	36
Figura 9– Esquema do ensaio de resistência de aderência ao cisalhamento na flexão. (SANTANA, 2004).....	37
Figura 10-Tipos de rompimento ensaio aderência cisalhamento na flexão. (MORENO, 2007 Apud GUSMÃO, 2017).....	37
Figura 11- Esquema do ensaio de resistência ao cisalhamento direto em corpo de prova composto de três prismas (HELENE, 1988 apud GALLETTO, 2005).	38
Figura 12– Geometria do prisma composto (EN 12615, 1999)	40
Figura 13– Esquema de forças na interface (BS 12615, 1999).....	40
Figura 14– Corte do corpo de prova (ASTM C882, 2015).....	41
Figura 15–Tipos de rugosidades artificiais He (2017)	42
Figura 16— Zona de Transição He (2017)	43
Figura 17–Zona de transição concreto – (ESPECHE, 2011)	43
Figura 18– Rugosidade criada no prisma – (DIAB, 2017)	44
Figura 19– Comparação das resistências de aderência - Sem fibras e 0,5% de fibras (ZANOTTI et al, 2018).....	46
Figura 20–Comparação das resistências de aderência - 1,0% de fibras (ZANOTTI et al, 2018)	46
Figura 21–Comparação das resistências de aderência (JÚLIO ET AL,2004)	47
Figura 22–Tratamento superficiais realizados (MIRMOGHTADAEI ET AL, 2015)....	48

Figura 23–Resistência de aderência em função da rugosidade (MIRMOGHTADAEI ET AL, 2015).....	49
Figura 24 – Rugosidade Média - MODEL CODE CEB/FIP (2010).....	51
Figura 25 – Rugosidade Rz - MODEL CODE CEB/FIP (2010).....	51
Figura 26 – Tensão de aderência com diferentes idades – (MIRMOGHTADAEI ET AL.,2015).....	55
Figura 27 – Forma metálica de 60cmx60cmx10cm (5cm de isopor).....	59
Figura 28 – a) Formas de madeira; b) Detalhe das formas de madeira.....	59
Figura 29 - Aplicação de óleo nas formas.....	60
Figura 30 – a) Concretagem das placas metálicas; b) Concretagem dos corpos de provas cilíndricos; c) Concretagem dos prismas.....	60
Figura 31 – Medição do Abatimento.....	61
Figura 32 - Método pressométrico – Aparelho utilizado.....	62
Figura 33 – Cura úmida dos corpos de prova.....	63
Figura 34 – Cura úmida das placas de concreto.....	63
Figura 35 – Ensaio de compressão.....	64
Figura 36- Ensaio de módulo de elasticidade.....	65
Figura 37 – Ensaio de tração por compressão diametral.....	66
Figura 38 – Modelo de serra mármore utilizada.....	68
Figura 39– Preparação da superfície.....	68
Figura 40 - Saturação da superfície (prisma composto).....	69
Figura 41 - Misturador para a ponte de aderência.....	70
Figura 42- Consistência da ponte de aderência.....	70
Figura 43 – a) Aplicação da ponte de aderência no prisma composto; b) Ponte de aderência aplicada na placa de concreto.....	71
Figura 44 – Argamassadeira utilizada na preparação das argamassas de reparo....	72
Figura 45 – Cinza Volante ampliada 800 vezes (LUSTOSA ET AL, 2019).....	76
Figura 46 – Aplicação das fibras de PVA na matriz de cimento.....	77
Figura 47 –a) Mesa para índice de consistência; b) Argamassa ao final do ensaio..	79
Figura 48 – Ensaio da Massa específica - Argamassa Industrial Zentrifix CR.....	80
Figura 49 – Argamassa preenchida da forma do prisma composto.....	81
Figura 50 – Formas preenchidas com argamassa.....	82
Figura 51- Forma metálica preenchida com argamassa.....	82
Figura 52 – Ponte de Aderência na Placa.....	83

Figura 53 - Forma dos corpos de prova para ensaio de caracterização	83
Figura 54 - Moldes dos corpos de prova após preenchimento da argamassa	84
Figura 55 – Corpos de prova após a desforma	85
Figura 56- Ensaio do módulo de elasticidade das argamassas de reparo	86
Figura 57 – Ensaio de tração por compressão diametral das argamassas de reparo.	86
Figura 58 – Prensa utilizada no ensaio do prisma composto	87
Figura 59 – Capeamento dos prismas	89
Figura 60– Modelo da Placa com Argamassa de 4cm	90
Figura 61 – Carotagem das Placas	90
Figura 62– Profundidade da carotagem da Placa com Argamassa de 2cm.....	90
Figura 63– Profundidade da carotagem da Placa com Argamassa de 2cm.....	91
Figura 64 – Placas após a carotagem.....	91
Figura 65 – Pastilhas Coladas nas placas	92
Figura 66 – Equipamento utilizado para o ensaio de arrancamento	93
Figura 67 – Nivelamento do equipamento.....	93
Figura 68 – Pastilhas rompidas após o ensaio.....	94
Figura 69 - Extensômetro no prisma composto.....	95
Figura 70 – Materiais utilizados para colagem do extensômetro.....	95
Figura 71 – Prisma composto com extensômetro	96
Figura 72 – Maquinário utilizado para leitura dos extensômetros	97
Figura 73 – Comparação das tensões de ruptura à compressão e tensões obtidas no ensaio de cisalhamento oblíquo aos 28 dias.....	102
Figura 74 – Comparação das tensões de ruptura à compressão e tensões obtidas no ensaio de cisalhamento oblíquo aos 120 dias.....	103
Figura 75 – Efeito do uso da ponte de aderência nas argamassas industriais ensaiadas aos 28 dias.....	105
Figura 76– Efeito da ponte de aderência na argamassa de laboratório e compósitos ensaiados aos 28 dias.....	106
Figura 77 – Influência do tempo na resistência de aderência das argamassas industriais com ponte de aderência.....	108
Figura 78– Argamassas sem ponte - 28 dias e 120 dias	109
Figura 79 - a) RLCV; b) RLRR; c) RLRC; d) RCR	110
Figura 80– Tipos de ruptura – argamassas industriais	111

Figura 81– Tipos de ruptura – argamassas de laboratório	112
Figura 82– Limite do ensaio de cisalhamento oblíquo com ponte de aderência..	113
Figura 83 – Gráfico tensão x deformação – Zentrifix Tix.....	116
Figura 84 – Gráfico tensão x deformação – Sika Tix.....	116
Figura 85 – Gráfico tensão x deformação – Zentrifix CR	117
Figura 86 – Gráfico tensão x deformação – Argamassa sem fibra.....	117
Figura 87 – Gráfico tensão x deformação – compósito com 1% de fibras	118
Figura 88 – Gráfico tensão x deformação – compósito com 2% de fibras	118
Figura 89– Resultado dos ensaios de arrancamento das argamassas de laboratório com ponte aos 28 dias	120
Figura 90 – Resultado dos ensaios de arrancamento das argamassas industriais com ponte e sem ponte aos 28 dias.....	121
Figura 91– Análise comparativa dos resultados dos ensaios de arrancamento das argamassas de laboratório com ponte e sem ponte aos 28 dias	122
Figura 92– Análise comparativa dos resultados dos ensaios de arrancamento das argamassas de espessuras de 2cm e 4cm com ponte aos 28 dias	123
Figura 93– Análise comparativa dos resultados dos ensaios de arrancamento das argamassas de laboratório sem ponte aos 28 dias e 120 dias.....	124
Figura 94– Limite da resistência de arrancamento de todas as argamassas com o uso da ponte de aderência aos 28 dias.....	125

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação de argamassas (EN 1504-3, 2006)	28
Tabela 2 - Requisitos de desempenho de produtos de reparo (EN 1504-3, 2006) ...	34
Tabela 3 – Classificação da Rugosidade - MODEL CODE CEB/FIP (2010)	52
Tabela 4 – Coeficiente de atrito médio - MODEL CODE CEB/FIP (2010)	53
Tabela 5 – Resultados cisalhamento oblíquo - DORIA ET AL (2015)	54
Tabela 6 – Quantitativo dos materiais utilizados no Concreto	58
Tabela 7 – Planejamento dos elementos de reparo moldados e idades do ensaio...	67
Tabela 8 – Resistência a compressão da argamassa Industrial Sika Grout Tix segundo a ASTM C 349 (2002).....	73
Tabela 9 – Resistência a compressão Argamassa Industrial Zentrifix Tix	73
Tabela 10 – Resistência a compressão Argamassa Industrial Sika MonoTop-622...	74
Tabela 11 – Resistência a compressão Argamassa Industrial Zentrifix CR	75
Tabela 12 – Propriedades das Fibras de PVA (Dados do fabricante, Kuraray)	77
Tabela 13 – Quantidades dos materiais utilizados nas misturas da argamassa	78
Tabela 14 – Resultados dos índices de consistência das argamassas e massa específica	80
Tabela 15 – Resultados dos ensaios de caracterização do concreto e argamassa de reparo aos 28 dias.....	98
Tabela 16 – Resultados dos ensaios de caracterização do concreto e argamassa de reparo aos 120 dias.....	99
Tabela 17 – Resumo dos resultados experimentais das argamassas com ponte de aderência aos 28 dias	101
Tabela 18 – Resumo das tensões do ensaio de cisalhamento oblíquo – 120 dias .	101
Tabela 19 – Resultados do módulo de elasticidade transversal com base no módulo de elasticidade do material.....	115
Tabela 20 –Valores das tensões cisalhantes teóricas e experimentais	119

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
UERJ	Universidade do Estado do Rio de Janeiro
LEC	Laboratório de Engenharia Civil
EN	European Norm
NBR	Norma Brasileira
BS	British Standard
ASTM	American Society for Testing and Materials
TIX	Tixotrópico
SK	Sika Brasil
MC	MC Bauchemie Brasil

LISTA DE SÍMBOLOS

E	módulo de elasticidade longitudinal do concreto
f_{ck}	resistência característica à compressão do concreto
G	módulo de elasticidade transversal
GPa	gigapascal
kN	kilonewton
m	metros
min	minutos
MPa	megapascal
N	Newton
A	Área
d	Diâmetro
F	Carga de ruptura
f_b	resistência de aderência
f_h	resistência de aderência ao arrancamento
α	ângulo com a horizontal
ε	deformação
σ	tensão normal
τ	tensão de cisalhamento
ρ	é a massa específica aparente do concreto
M	é a massa de concreto
V	volume do recipiente

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	17
1 REVISÃO BIBLIOGRAFICA	20
1.1 Características dos materiais de reparo	20
1.2 Tipos de materiais para reparo	20
1.2.1 Argamassas cimentícias	20
1.2.2 Graute cimentício	22
1.2.3 Argamassas modificadas por polímeros	23
1.2.4 Argamassas poliméricas	24
1.2.5 Compósitos cimentícios reforçados com fibras	24
1.2.6 Classificação de argamassas de acordo com a EN 1504 parte 3	27
1.3 Avaliação dos esforços numa ligação reparada real	28
1.3.1 Tensões nos elementos estruturais	28
1.3.2 Mecanismos de transferência de esforços	29
1.4 Tipos de Ensaio para avaliação da aderência entre dois materiais	30
1.4.1 Testes de tração	31
1.4.1.1 Ensaio de Tração Direta.....	31
1.4.1.2 Ensaio de Tração indireta.....	31
1.4.1.3 Ensaio de arrancamento (pull off)	32
1.4.1.4 Ensaio de tração na flexão	34
1.4.2 Ensaio de cisalhamento	35
1.4.2.1 Push off test	35
1.4.2.2 Ensaio por flexão.....	35
1.4.2.3 Ensaio de cisalhamento na flexão	36
1.4.2.4 Ensaio de corpo de prova composto de três prismas.....	38
1.4.3 Ensaio de compressão e cisalhamento	38
1.4.3.1 Ensaio de cisalhamento oblíquo (Slant shear test)	38
1.5 Rugosidade	42
1.5.1 Classificação da rugosidade	49
1.6 Uso da ponte de aderência	53
1.7 Uso de fibras de PVA	54
1.8 Ensaio de longa duração	55

2	PROGRAMA EXPERIMENTAL	57
2.1	 Materiais utilizados no concreto	57
2.1.1	 Cimento	57
2.1.2	 Agregado miúdo	57
2.1.3	 Agregado graúdo.....	57
2.1.4	 Água.....	58
2.2	 Características do material de base.....	58
2.2.1	 Ensaios realizados com o concreto fresco	61
2.2.1.1	Consistência do concreto	61
2.2.1.2	Massa Específica.....	61
2.2.1.3	Teor de ar incorporado	62
2.3	 Desforma e cura do concreto	63
2.4	 Ensaios de caracterização mecânica do concreto aos 28 dias	64
2.5	 Execução do material de reparo.....	66
2.5.1	 Preparo da superfície	67
2.5.2	 Saturação das Superfícies	69
2.5.3	 Preparação e Aplicação da Ponte de Aderência.....	69
2.5.4	 Preparação e característica das Argamassas de Reparo	72
2.5.4.1	Argamassa Industrial Sika Grout Tix	72
2.5.4.2	Argamassa Industrial Zentrifix Tix.....	73
2.5.4.3	Argamassa Industrial Sika MonoTop-622.....	74
2.5.4.4	Argamassa Industrial Zentrifix CR	74
2.5.4.5	Argamassa cimentícia reforçadas com fibras	75
2.5.5	 Análises realizadas com as amostras no estado fresco	79
2.5.6	 Moldagem das argamassas de reparo	81
2.5.7	 Desforma e cura dos materiais.....	84
2.6	 Ensaios de caracterização das argamassas de reparo	85
2.7	 Ensaios de Aderência	87
2.7.1	 Ensaios de cisalhamento oblíquo	87
2.7.1.1	Nivelamento dos corpos de prova	89
2.7.2	 Ensaios de arrancamento	89
2.7.2.1	Carotagens	89
2.7.2.2	Colagem das Pastilhas	92
2.7.3	 Ensaio com a utilização dos Extensômetros	94

2.7.3.1	Procedimentos para a fixação dos Extensômetros.....	95
2.7.3.2	Avaliação experimental da tensão cisalhante na interface	96
3	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	98
3.1	Caracterização do concreto e das argamassas de reparo.....	98
3.2	Resultados do ensaio de cisalhamento oblíquo.....	100
3.2.1	Influência da utilização de fibras.....	104
3.2.2	Influência da rugosidade	104
3.2.3	Influência na utilização de ponte de aderência.....	105
3.2.4	Influência do tempo.....	107
3.2.5	Tipos de ruptura	109
3.2.6	Avaliação das recomendações normativas	113
3.2.7	Avaliação experimental da tensão cisalhante na interface.....	114
3.3	Resultados do ensaio de arrancamento.....	119
3.3.1	Influência na utilização de fibras.....	120
3.3.2	Influência na utilização de ponte de aderência.....	120
3.3.3	Influência de diferentes espessuras	122
3.3.3	Influência do tempo.....	124
3.3.4	Avaliação das recomendações normativas	124
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	126
4.1	Conclusões	126
4.2	Sugestão para trabalhos futuros.....	127
	REFERÊNCIAS.....	128
	ANEXOS	134

INTRODUÇÃO

Tendo em vista que boa parte das edificações das grandes cidades do país já atingiram ou estão próximas de atingir sua vida útil, ocorre a tendência de cada vez mais as estruturas de concreto armado necessitarem de manutenção. Dessa forma, os reparos e reforços estruturais estão cada vez mais presentes na vida dos engenheiros civis.

Outra demanda que pode ser adicionada é a necessidade de aumento da capacidade de carga de estruturas já existentes. Esse processo de revitalização, conhecido popularmente como “retrofit”, está cada vez mais presente na área do cálculo estrutural, tendo em vista o inchaço dos centros urbanos e a falta de espaço para a construção de novas estruturas.

Com o crescimento do setor de serviços de reforço e reparo estrutural, o número de argamassas industriais, cresceu de maneira significativa nos últimos anos. Porém, falta para esse tipo de material algumas normatizações, tanto da parte de fabricação quanto de aplicação desses elementos. Dessa forma, torna-se necessário desenvolver novas pesquisas e aprofundamentos, visando o aperfeiçoamento da qualidade do reparo estrutural.

Com base nessas informações, surge a necessidade de avaliar o comportamento das argamassas de reparo quando estão em contato com o concreto, pois grande parte das obras no país são executadas em concreto armado e a tendência de novos reparos e reforços necessita justamente da ligação entre a argamassa estrutural e o concreto.

É possível verificar que diversos fatores são responsáveis pelo aumento da resistência da aderência. A rugosidade do material tem papel fundamental nesse aumento, conforme pode ser verificado em He (2017), Diab (2017) e Zanotti et al (2018) e a utilização de ponte de aderência, de acordo com Clímaco (1989). Além disso, a utilização de fibras nos compósitos também contribui para o aumento da resistência da ligação, conforme é possível verificar em Zanotti et al (2014) e Diab et al (2017).

Dessa forma, diante das possibilidades de estudo sobre a resistência de aderência aliadas com sua relevância perante o desempenho de um reforço ou reparo estrutural, o presente trabalho apoiou-se em estudos desenvolvidos em laboratório com base em teorias normativas, pesquisas e estudos na área.

Motivação e Objetivos

Este trabalho de pesquisa tem como objetivo principal investigar o comportamento das argamassas frente a aderência em reparos estruturais. Será incluída a utilização de uma ponte de aderência e verificada suas vantagens e desvantagens, frente a situações sem ponte de aderência. Além disso, será analisada a influência do tempo nos resultados dos ensaios.

A motivação deste trabalho tem como base o aumento da demanda e da procura por soluções que necessitam de recuperação e reforço estrutural e de normatização das argamassas industriais, tanto do ponto de vista da fabricação quanto da questão executiva.

A aderência entre os materiais é um dos principais fatores que contribuem para o bom comportamento da ligação entre o substrato e o material de reparo, dessa forma, é objeto de muitas pesquisas e estudos na área.

Estrutura da dissertação

No primeiro capítulo é apresentada a revisão bibliográfica que serviu como ponto de partida para o desenvolvimento do trabalho. Nessa revisão são apresentadas características dos materiais de reparo, os aspectos teóricos referentes às tensões em uma ligação reparada, tipos de ensaios para avaliação da aderência dos materiais, análise da rugosidade, além dos tipos de ruptura dos ensaios realizados de cisalhamento oblíquo.

O segundo capítulo aborda o ensaio experimental realizado no Laboratório de Engenharia Civil da UERJ, que enumera todos os procedimentos experimentais desde a definição dos materiais, concretagem do substrato (concreto), desforma e cura do concreto, ensaios de caracterização tanto do concreto quanto dos materiais de reparo, processo executivo do material de reparo e ensaios realizados para a determinação da ponte de aderência

O capítulo três refere-se à apresentação, interpretação e análise dos resultados dos ensaios, tanto dos ensaios de caracterização do concreto e material de reparo, quanto dos resultados obtidos através dos ensaios de cisalhamento oblíquo e ensaio de arrancamento de pastilhas, comparando-os com os de outros autores e as normas vigentes.

Finalmente, no capítulo quatro, são apresentadas as conclusões alcançadas durante o desenvolvimento do presente trabalho, além das considerações e sugestões para a continuação deste estudo.

1 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

Desde o século passado é possível encontrar diversos trabalhos desenvolvidos sobre a temática da aderência do concreto.

Neste capítulo serão apresentados estudos técnicos-científicos publicados em âmbito nacional e internacional que nortearão o desenvolvimento do trabalho.

1.1 Características dos materiais de reparo

Atualmente é possível encontrar no mercado uma diversidade de materiais desenvolvidos para garantir resultados cada vez mais eficientes em relação ao reparo estrutural tanto no que se refere às propriedades mecânicas, quanto no que se refere a durabilidade, trabalhabilidade e até mesmo sustentabilidade.

Os materiais usados na recuperação e reforço, em regra, são os mesmos usados na construção das estruturas novas, desde que observado as características dos materiais, a fim de garantir a eficácia do resultado. Souza (2009), refere que os materiais de reparo deverão atender alguns requisitos, são eles:

- garantir maior durabilidade;
- permitir baixa permeabilidade;
- garantir boa resistência estrutural;
- dar maior proteção ao aço, se possível aumentando a alcalinidade;
- apresentar retração mínima;
- garantir boa aderência do concreto e ao aço;
- permitir boa trabalhabilidade, fácil aplicação;
- ter propriedades compatíveis com o concreto e o aço;
- possuir composição granulométrica adequada.

1.2 Tipos de materiais para reparo

1.2.1 Argamassas cimentícias

O setor da construção civil dispõe de microconcretos e argamassas fabricados e adequados especialmente para utilização em reparos e reforços, em conformidade com o tipo de deterioração ou necessidade que se apresente, bem como das

características da região a ser tratada – vertical, horizontal, muito profunda ou pouco profunda – e resistentes à agressividade existente no meio ambiente em que se encontra. Estes materiais deverão ser dosados a depender do tipo de aplicação a ser empregada, isto é, com colher, com fôrmas ou projetado.

O microconcreto em questão possui em sua composição agregados miúdos e graúdos, cimento e água, tendo em vista que o traço realizado deve ser feito de maneira adequada com a finalidade de garantir a boa trabalhabilidade do material durante sua concretagem além de garantir ao longo do tempo coesão e resistência adequada.

Além do microconcreto, outro tipo de material comumente utilizado refere-se as argamassas de base cimentícia que são compostas basicamente pelos mesmos materiais constituintes do concreto, porém o agregado, de modo geral, se limita a uma dimensão de no máximo 5mm (SOUZA, 2009).

Além dos materiais convencionais utilizados no preparo das argamassas e dos concretos com base cimentícia, podem ser incluídos em suas composições aditivos com o objetivo de melhorar alguma característica específica do material, dependendo da necessidade. Segundo Souza (2009), esses aditivos podem ser minerais ou químicos.

Os principais aditivos classificados como minerais são as escórias de alto forno, filer e pozolanas.

A escória de alto forno tem como objetivo auxiliar no combate à ataques químicos, em função da diminuição da porosidade e capilaridade do material. (BARIN 2008).

O filer é um aditivo muito utilizado para diminuir a porosidade do material em função de sua finura. É proveniente de materiais de origem natural ou materiais processados inorgânicos, como resultantes pela moagem de isoladores elétricos de porcelana ou proveniente de resíduos da indústria de telhas cerâmicas. Normalmente são moídos em granulometria compatível ao cimento.

As pozolanas têm como finalidade proporcionar a diminuição da porosidade e capilaridade do material diminuindo assim o ataque de agentes agressivos e aumentando a durabilidade do material. É possível, ainda, em alguns casos aumentar a resistência à compressão do material em idades avançadas e melhorar a trabalhabilidade.

Normalmente possuem origem vulcânica, porém podem ser encontradas de formas artificiais como a cinza volante, oriundas de centrais termoeletricas movidas a carvão ou a sílica ativa, subproduto da produção de ferro silício. (SOUZA 2009). Cabe ressaltar que as escórias, o filer e as pozolanas, podem ser encontradas em alguns tipos de cimento Portland comercializados, tais como o CII-F que apresenta um percentual de filer em sua composição, o CII-E, que possui um percentual de escória em sua composição e o CII-Z que apresenta um percentual de pozolana em sua composição. Vale ressaltar que um pequeno percentual de filer é encontrado em todos os tipos de cimento.

Além dos aditivos minerais, os químicos também são muito utilizados dentro dos concretos e argamassas e tem como objetivo alterar as características do material, como utilização de superplastificantes que melhora a trabalhabilidade do material e permite a redução da quantidade de água utilizada na mistura, diminuindo o fator água cimento do material. Podem ser utilizados retardadores ou acelerados de pega, redutores de permeabilidade, inibidores de corrosão, entre outros.

1.2.2 Graute cimentício

Comumente difundido no país, o termo graute é sem dúvidas uma palavra que está sempre relacionada ao reparo ou reforço estrutural. O graute cimentício em questão, é uma argamassa pré-fabricada, industrializada, sendo pré-dosada por empresas especializadas em aditivos para concreto. Normalmente é adicionado somente água ao material pré-dosado. Esse material com base de cimento Portland, normalmente possui agregados finos ou miúdos cuja granulometria é controlada, fibras sintéticas, agregados poliméricos, adições de sílica ou pozolanas, além de outros aditivos químicos.

É um material auto-adensável e fluido, garantindo assim a boa trabalhabilidade e o preenchimento dos vazios. Além disso, possui boa resistência a compressão, boa aderência, além de baixa retração e permeabilidade. É utilizado em diversos tipos de reparo e reforço estrutural desde recomposição de peças estruturais em geral até em situações de difícil acesso ou baixas espessuras. Além disso, pode ser utilizado para ancoragem de barras de aço entre outras funcionalidades.

No Brasil, este tipo de argamassa é disponibilizada em duas modalidades: a argamassa autonivelante que normalmente é utilizada para situações em que a

necessidade é o preenchimento de superfícies horizontais e as argamassas tixotrópicas, que é um tipo de argamassa que não escorre, podendo ser aplicadas em superfícies inclinadas e até mesmo verticais.

1.2.3 Argamassas modificadas por polímeros

Os polímeros são materiais que estão presentes no cotidiano da construção civil, podendo ser utilizados em diversos elementos, tais como, pisos, forros, tubulações, impermeabilizantes. Podem ser de origem animal ou vegetal, tais como, couro, lã, seda e madeira, ou sintéticos como plásticos, borrachas e fibras.

Os polímeros podem ser classificados quanto a sua resposta mecânica em relação à temperatura, podendo ser classificados como termoplásticos, termorrígidos e elastoméricos.

Os termoplásticos são aqueles que podem ser moldados, pois quando submetidos a uma temperatura específica se tornam fluidos. Além disso, são materiais recicláveis e remoldados, caso seja necessário. Dentro da construção civil, podem ser citados como polímeros termoplásticos, o poliestireno expandido (EPS), muito utilizado como enchimentos leves em lajes e em casos de isolamento termoacústico, o policloreto de vinila (PVC), muito utilizado em tubulações, conduítes, e tintas de proteção e o poliacetato de vinila (PVA), utilizado para tintas e fibras para adicionar ao concreto ou argamassa.

Os termorrígidos são polímeros que podem ser moldados, pois quando submetidos a uma temperatura específica se tornam fluidos. Porém, diferentemente dos termoplásticos, após a reação química o material se torna sólido e não pode ser reaproveitado. Dentro da construção civil, podem ser citados como polímeros termorrígidos, o epóxi, que é um adesivo muito utilizado para o concreto, além de ser utilizado para injeção de fissuras, o poliuretano que é utilizado como material de vedação em juntas de concretagem e de dilatação, e as resinas fenólicas (silicone), utilizado para vedação e em tintas com hidrofugantes.

Os elastoméricos são materiais que quando submetidos a tensões, deformam de maneira superior ao seu tamanho original, mas após a retirada da tensão o material volta ao seu formato original. São exemplos de elastoméricos, dentro da construção civil o policloropreno (Neoprene), muito utilizado em aparelhos de apoio de pontes e

viadutos, o estireno-butadieno (SBR), utilizado na fabricação de concretos poliméricos.

Dessa forma, os polímeros possuem características únicas, capazes de influenciar diretamente o comportamento de uma argamassa ou concreto quando são adicionados na mistura. Segundo Souza (2009), os concretos ou argamassas modificadas por polímeros, possuem dois componentes ativos, o primeiro, por se tratar de um material cimentício, é o cimento Portland e o segundo é uma adição de polímero em água, como o estireno-butadieno (SBR), que promove benefícios como redução na porosidade do material, melhoria na resistência química, melhoria na aderência, aumento das resistências mecânicas no material, boa trabalhabilidade e baixa retração.

A tixotropia é uma resultante bem interessante da adição de polímeros às argamassas e concreto, tendo em vista a facilidade de execução do material em locais tanto verticais quanto horizontais.

Cabe ressaltar que quando comparada com as argamassas e concretos convencionais, o material modificado por polímeros, tende a ter um custo mais elevado, sendo de responsabilidade do engenheiro a indicação do material que será utilizado que atenda o custo-benefício do cliente.

1.2.4 Argamassas poliméricas

Argamassas e concretos poliméricos são compostos por resinas e materiais inorgânicos como agregados graúdos, agregados miúdos, como a areia e finos como a cinza volante. A partir das reações de polimerização e o endurecimento das resinas orgânicas geram a união e a resistência do material. Esses materiais normalmente são utilizados em casos em que são necessários elevadas resistências mecânicas e químicas em ambientes com elevados índices de agressividade. A cura desse tipo de material normalmente é muito rápida, sendo uma solução importante em casos em que é necessário rapidez no serviço.

1.2.5 Compósitos cimentícios reforçados com fibras

A adição de fibras em materiais cimentícios começou a ser utilizada com o objetivo de diminuir o aparecimento de microfissuras no material, aumentando assim a durabilidade e resistência do compósito.

Existem fibras de várias formas e tamanhos, produzidas de aço, materiais sintéticos, vidro ou materiais naturais. De maneira geral, podem ser utilizadas fibras curtas e descontínuas que são colocadas de forma aleatória na matriz. Alguns compósitos possuem fibras longas e alinhadas ou até mesmo na forma de tecido, os quais são chamados de compósitos têxteis.

Segundo Mehta e Monteiro (2006) a matriz que recebe as fibras pode ser uma argamassa, concreto ou mesmo uma pasta, normalmente contendo agregados, cimento Portland e água. Outros materiais podem ser utilizados como pozolanas e superplastificantes, de forma a melhorar o seu desempenho.

Usualmente são utilizados baixo volume de fibras (<1%) para reduzir ou controlar fissuras por retração. Estas fibras são aplicadas em lajes e pavimentos com uma elevada superfície de exposição que conduz a altas retrações. Um volume médio de fibras (entre 1 e 2 %) é empregado para elevar o módulo de ruptura, a resistência a fraturas e a resistência a impactos. Estes compósitos são utilizados em métodos construtivos como concreto projetado e em estruturas que exigem alta capacidade de absorção de energia. Vale ressaltar que o uso de compósitos também tem a finalidade de combater os efeitos decorrentes de delaminação, fragmentação e fadiga.

Compósitos cimentícios de alto desempenho começaram a ser utilizados a partir da década de 70 e apareceram como uma alternativa interessante, principalmente para o mercado de reforços e recuperação estrutural. Eles formam uma classe de compósitos em que a resposta tensão x deformação na tração apresenta um comportamento de enrijecimento seguido de múltipla fissuração, onde a resistência pós-fissuração na tração uniaxial é superior ou igual à resistência de fissuração.

Uma das classes desses materiais compósitos que está bem difundida tanto nas linhas de pesquisa quanto no mercado, é o SHCC (strain hardening cementitious composites) que tem como característica sua grande deformação na tração (Figura 1) em virtude do projeto da matriz e da quantidade de fibras presentes de forma aleatória na matriz do material. Segundo Wang e Li (2005), a resistência à tração e compressão do material pode chegar até 5 MPa e 70 MPa, respectivamente, e a capacidade de deformação na tração é superior a 3% (MAGALHÃES et al,2010).

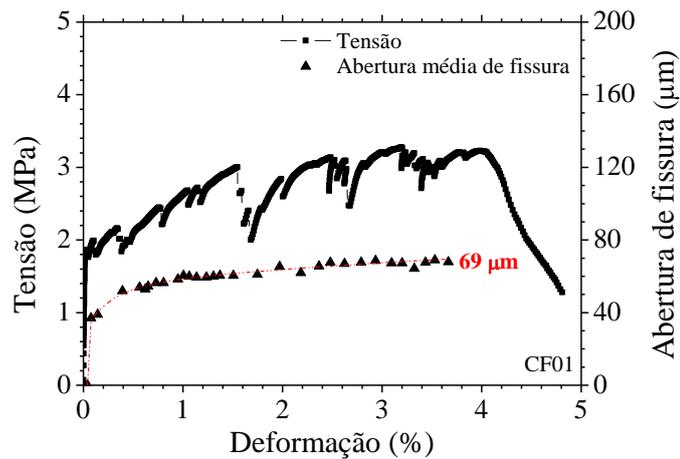


Figura 1 - Curva tensão x deformação x abertura de fissuras de SHCC.
(MAGALHÃES ET AL, 2010).

A resistência ao arrancamento das fibras é o que normalmente garante o bom desempenho do material no controle da abertura de fissura, tendo em vista que quanto maior a resistência das fibras, maior a resistência do SHCC após formação das fissuras.

A Figura 2 mostra uma superfície de um compósito com fibras de aço que sofreu ruptura a partir de um ensaio de cisalhamento oblíquo.

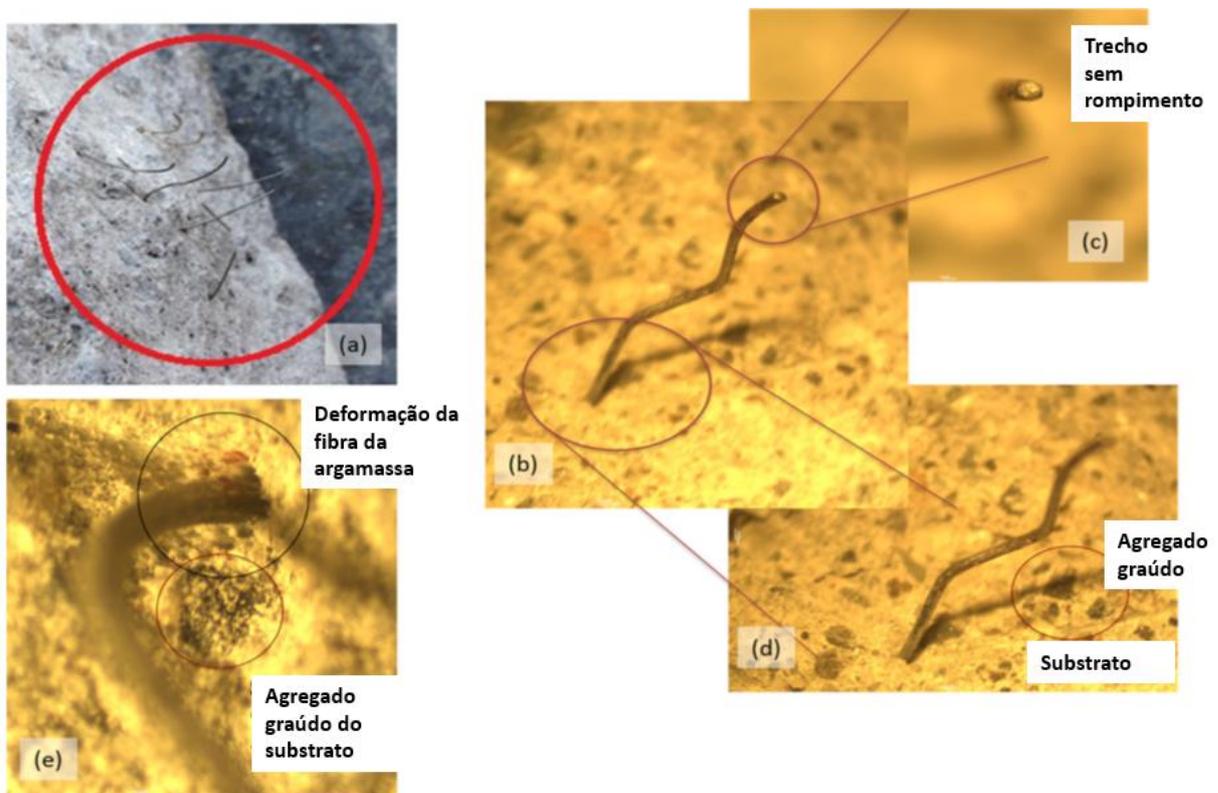


Figura 2 – Superfície de um compósito reforçado com fibras após ensaio de cisalhamento oblíquo (ZANOTTI ET AL, 2018)

É possível verificar as deformações das fibras, assim como sua ligação com a matriz do compósito a partir da análise por um microscópio óptico.

O SHCC além de estar bem difundido em diversas pesquisas em todo mundo, tem sido utilizado como solução de reparo e reforço estrutural em diversas situações, sendo possível destacar a represa Mitaka no Japão (Kojima et al, 2004) e o reparo de uma ponte em Michigan nos Estados Unidos (Li, 2004). Além das situações de reparo e reforço, o SHCC pode ser utilizado em novas construções como no caso do tabuleiro da ponte Mihara, em Hokkaido no Japão (Li, 2004).

Zanotti et al (2014) realizou ensaios de cisalhamento oblíquo em prismas compostos de concreto e compósito cimentício reforçado com fibra, como material de reparo. Visando um melhor comportamento entre a ligação concreto-substrato, foram utilizadas fibras de PVA em dois casos (0,5% e 1%) e um caso sem a presença de fibras. As amostras foram fabricadas com ângulo de ruptura variado entre 20°, 25° e 30°. Cabe ressaltar que a referência utilizada para a obtenção do ângulo em questão foi o eixo vertical do prisma. Em relação aos resultados obtidos, o acréscimo das fibras de PVA gerou um aumento na resistência de aderência dos materiais, porém a variação de 0,5% para 1%, não gerou aumentos significativos comparado com o acréscimo inicial de fibra (0,5%). O uso das fibras é essencial para um melhor comportamento entre os materiais.

1.2.6 Classificação de argamassas de acordo com a EN 1504 parte 3

De acordo com a Norma europeia EN 1504-3 (2006) as argamassas de reparo podem ser classificadas em quatro classes: R1, R2, R3 e R4.

A classe R3 e R4 são representadas pelas argamassas de reparo estrutural, enquanto a R1 e R2, são classificadas como argamassas de reparo não-estrutural.

A norma indica que classe de argamassa de reparo deve ser usada para cada tipo de aplicação:

- a) Classe R4 - Concreto de elevada resistência sujeito a cargas elevadas deve ser reparado com um produto de reparo de elevada resistência e alto módulo de elasticidade.
- b) Classe R3 - Concreto de baixa resistência sujeito a cargas médias deve ser reparado com uma argamassa de reparo estrutural de resistência média e/ou módulo de elasticidade médio.

c) Classe R1 e R2 - Concreto numa situação não-estrutural, ex: onde não serão transferidas cargas para a zona de reparo, pode ser reparado com uma argamassa de reparo não-estrutural de alta qualidade.

Tabela 1 - Classificação de argamassas (EN 1504-3, 2006)

Nº	Características de desempenho	Substrato de referência (EN 1766)	Método de Ensaio	Requisito			
				Estrutural		Não estrutural	
				Classe R4	Classe R3	Classe R2	Classe R1
1	Resistência à compressão	-	EN 12190	> 45 MPa	> 25 MPa	> 15 MPa	> 10 MPa

1.3 Avaliação dos esforços numa ligação reparada real

Existe farta variedade de intervenções de reparação, dentre elas pode-se destacar à título exemplificativo a estrutura de concreto de pavimentos, de edificações e de pontes danificadas por diversificadas causas ou por simples envelhecimento de materiais constituintes.

Dentre os exemplos supracitados é possível verificar que em todos a aderência entre o concreto pré-existente e o novo, em regra, representa um elo frágil na estrutura reparada.

Há diversos testes disponíveis com a finalidade de avaliar a resistência da aderência, porém o número de testes normatizados ainda é limitado.

Importante destacar ainda que, atualmente, existem poucos estudos comparativos desses vários métodos de estudo, a fim de estabelecer qual o método mais apropriado para o tipo de elemento estrutural em questão, em função das necessidades a que está sujeito.

Ademais, há uma lacuna de disposições normativas de valores limites de resistência de aderência decorrentes dos ensaios.

1.3.1 Tensões nos elementos estruturais

As tensões tangenciais que aparecem numa interface de reparo podem ocorrer em decorrência do carregamento atuante, porém há outros aspectos capazes de

prejudicar a qualidade da aderência da ligação; dentre os diversos aspectos, pode-se destacar a má preparação da superfície do substrato, a rugosidade, a má aplicação do material de reparo, a utilização indevida de materiais ou as más condições de cura. (SOUZA, 1990).

Acrescente-se que as tensões tangenciais da interface de reparo irão depender também da sua localização no elemento estrutural, além de flutuações de carregamento e das deformações ao longo do tempo que poderão ocasionar aumento significativo dessas tensões, principalmente se os materiais constantes tiverem diferentes módulos de elasticidade.

Na hipótese de substituição de material removido da parte interna dos vãos de vigas e lajes, logo após a colocação do material de reparo e sob a ação de carga normal, as tensões na junta podem ser consideradas baixas e puramente elásticas. Com o passar do tempo se desenvolve uma componente cisalhante de forma crescente dependente da curvatura devida à retração e fluência na estrutura e das características elásticas do material de reparo.

Já na hipótese de elementos verticais, tais quais pilares ou paredes o material de reparo estará numa região comprimida da estrutura e terá que contribuir para a absorção desses esforços. Nessa conjectura surge uma combinação de altas tensões normais e cisalhantes de elementos fletidos, exceto nas regiões do apoio de cargas concentradas – momento em que se cria a expectativa de que o material de reparo coopere para a resistência do elemento, impondo-o a resistir a altas tensões de corte na ligação. (SOUZA, 1990).

1.3.2 Mecanismos de transferência de esforços

A monoliticidade estrutural é fundamental para que se garanta que o esforço seja bem-sucedido, isto é, as armaduras novas e o concreto adicionado devem estar solidários ao elemento existente para que possam trabalhar sincronicamente. Caso isso não ocorra, a capacidade de transferência dos esforços será, consideravelmente, prejudicada e o novo elemento reforçado não será capaz de absorver a totalidade das cargas previstas. (Souza, 2009).

A transferência dos esforços é feita, basicamente pela aderência da interface entre o concreto existente e o material de reparo ou pela ligação das novas armaduras.

A resistência da aderência de uma ligação não armada deve-se inicialmente à adesão e posteriormente ao atrito.

Aderência por adesão

Quando existe a força cortante, o primeiro mecanismo a ser mobilizado na interface das peças é a aderência por adesão. Depende do tipo da rugosidade da superfície, uma superfície lisa, possui adesão menor que uma face rugosa.

Além da rugosidade, a adesão é influenciada pelo tratamento da superfície de ligação (exposição dos agregados e profunda limpeza da superfície tendem a promover um aumento da resistência da aderência); uso de agentes adesivos ou de concretos ou argamassas especiais; modo de aplicação do material de reparo.

Aderência por atrito

De acordo com Souza (2009), o atrito é influenciado pela forma e tamanho dos agregados (agregados grandes e angulares produzem maiores valores do coeficiente de atrito); rugosidade da superfície (quanto maior a rugosidade, maior o valor do coeficiente de atrito); resistência à compressão do concreto; tensão de compressão aplicada externamente à ligação (quanto maior a tensão normal de compressão aplicada, maior a rigidez ao corte da ligação); existência de cargas cíclicas (a presença de cargas alternadas deteriora o comportamento da junta, aumentando os deslocamentos devidos às tensões cisalhantes).

1.4 Tipos de Ensaios para avaliação da aderência entre dois materiais

A seguir apresentam-se alguns tipos de ensaios de aderência verificados na literatura técnica. Entretanto, a maioria deles não é normatizado e a maioria não dispõe de qualquer valor limite para a resistência de aderência.

1.4.1 Testes de tração

Os testes de tração avaliam se a resistência da aderência excede a resistência à tração do concreto. Isto é de pouca ajuda, já que a resistência à tração do concreto é baixa e, esta, é negligenciada em projeto.

Todavia, em alguns casos, necessita-se conhecer a resistência à tração do concreto.

1.4.1.1 Ensaio de Tração Direta

A norma BS 6319-7 (1985) descreve um método para estabelecer a resistência à tração direta, conforme a Figura 3. Os corpos de prova após submetidos à tração são reconstituídos, isto é, metade do corpo de prova é novamente acoplada na forma e o material de reparo é, então, moldado na cavidade vazia. Assim, o corpo de prova reparado é submetido ao ensaio de tração direta na idade requerida.

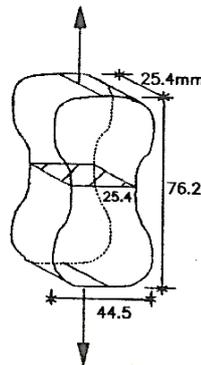


Figura 3 - Ensaio de tração direta (BS 6319-7, 1985).

Segundo a norma ASTM C1404M (2003), este método de ensaio engloba a determinação laboratorial da resistência de aderência de sistemas adesivos usados para unir argamassas recém-misturadas a concreto endurecido de cimento Portland.

1.4.1.2 Ensaio de Tração indireta

Neste método de ensaio podem ser testados cubos ou cilindros submetidos ao corte, como ocorre no ensaio Brasileiro. Uma dessas metades é recolocada nos moldes onde realiza-se o preenchimento com o material de reparo. Os corpos de prova resultantes são então sujeitos à tração por compressão, como é possível

verificar na Figura 4. O plano de aderência fica então subordinado a um estado de tensões biaxial ao longo da interface. A tensão de ruptura medida é no máximo igual à tensão de tração do material mais fraco, ou seja, concreto ou material de reparo.

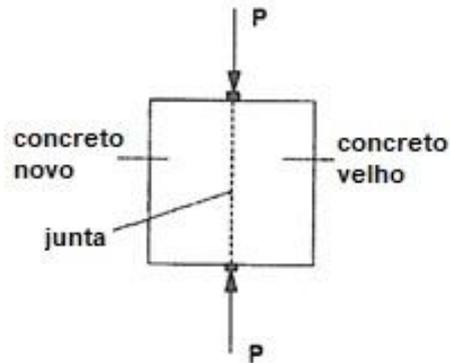


Figura 4—Ensaio de tração indireta (CLÍMACO, 1990)

1.4.1.3 Ensaio de arrancamento (pull off)

Nesta hipótese de ensaio de tração, inicia-se o ensaio pela execução de um corte parcial na superfície reparada a uma profundidade tal que exceda o plano de ligação dos dois materiais. Ato contínuo, são coladas pastilhas cilíndricas de alumínio. Logo após a cura da resina, realiza-se o ensaio de arrancamento, conforme Figura 5.

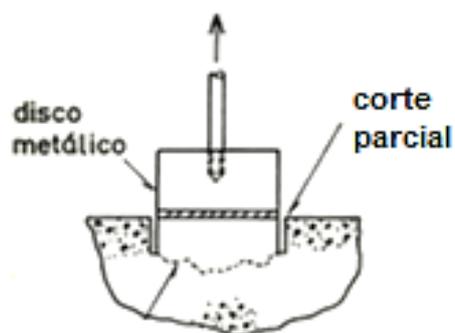


Figura 5—Esquema do ensaio de arrancamento (SOUZA, 1990).

Note-se que o ensaio consiste na aplicação de uma força de tração direcionada ao disco metálico por intermédio de um dinamômetro. A ruptura poderá ocorrer no substrato, no material de reparo ou na ligação entre um e outro.

1.4.1.3.1 Normas para ensaios de arrancamento

EN 1542 (1999)

A norma EN 1542 (1999), recomenda os seguintes procedimentos para execução do ensaio de arrancamento:

Execução de cortes circulares na superfície reparada transpassando o plano de ligação entre os dois materiais. Cabe ressaltar que os pontos de arrancamento devem estar espaçados entre si, e os cantos e as quinas devem ter um espaçamento de no mínimo 50 mm.

A superfície deverá ser limpa para a remoção de todas as partículas soltas. A pastilha deverá estar isenta de qualquer resíduo proveniente de ensaios anteriores. Além disso, a pastilha deverá ser colada de forma centrada ao corpo de prova para evitar qualquer excentricidade. O material da cola em questão pode ser de resina epóxi, poliéster ou similar.

Para a realização do ensaio é aplicado uma força de tração no disco metálico por meio de um dinamômetro de tração.

Os resultados são apresentados com base na carga de ruptura encontrada durante o ensaio e a área do corpo de prova ensaiado. A partir desses critérios é calculada a resistência de aderência do material. Cabe ressaltar que esse valor só é válido para os casos em que a ruptura ocorre diretamente na ligação. No caso de rupturas na argamassa de reparo, no substrato ou na interface revestimento/cola, a resistência de aderência à tração não é determinada, pois é maior do que o valor obtido no ensaio.

De acordo com a norma EN 1542 (1999), o cálculo da resistência de aderência entre os materiais é dado por:

$$f_h = \frac{4.F_h}{\pi.D^2} \quad (1)$$

Onde

f_h é a resistência de aderência, em MPa.

F_h é a carga de ruptura, em N.

D é o diâmetro do corpo de prova, em mm.

A resistência de aderência deverá ser determinada com o mínimo de 3 corpos de prova.

Cabe ressaltar que a norma brasileira para esse ensaio é a NBR 13528 (1995) que segue os mesmos parâmetros da EN 1542 (1999).

Classificação de acordo com a EN 1504 parte 3

Com o objetivo de avaliar a eficácia da resistência de aderência das argamassas estruturais durante os ensaios de arrancamento de pastilhas, o quadro 3 da norma EN 1504 (2005) estabelece valores mínimos para a aderência de um reparo estrutural e não estrutural (ver tabela 2). Para uso como reparo estrutural, a norma estabelece um valor mínimo de 1,5 MPa, obtido através do ensaio de arrancamento.

A norma EN 1504 (2005) parte 3, em questão, ainda avalia outros limites como resistência a compressão e teor de cloretos, tanto para argamassas com função estrutural quanto para argamassas sem função estrutural.

Tabela 2 - Requisitos de desempenho de produtos de reparo (EN 1504-3, 2006)

Característica de desempenho	Método de ensaio	Requisito			
		Estrutural		Não estrutural	
		Classe R4	Classe R3	Classe R2	Classe R1
Aderência	EN 1542	>2,0 MPa	>1,5 MPa	> 0,8 MPa	

1.4.1.4 Ensaio de tração na flexão

Para a realização do ensaio de aderência à tração na flexão, segundo as lições de Gusmão (2017), aplica-se uma força concentrada na linha central na superfície superior de um corpo de prova prismático biapoado, auxiliado de um cutelo, consoante, como verificado na Figura 6. Percebe-se que os corpos de provas são compostos metade pelo concreto velho e a outra metade pelo material de reparo.

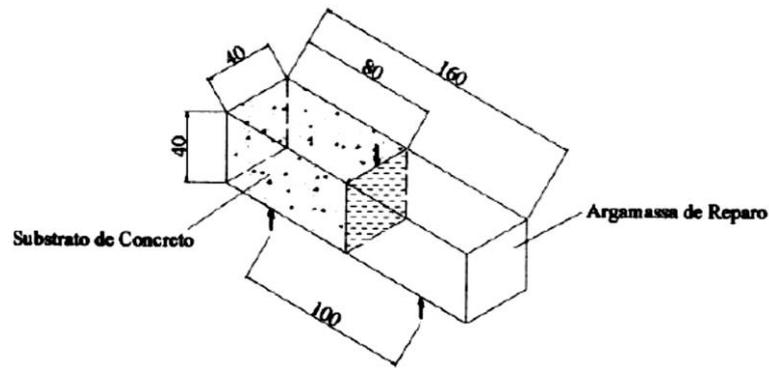


Figura 6- Esquema do ensaio de resistência de aderência à tração na flexão (SANTANA, 2004).

1.4.2 Ensaio de cisalhamento

1.4.2.1 Push off test

O prisma composto (Figura 7) é submetido a duas forças de compressão concomitantemente, estando uma paralela à linha da junta e a outra perpendicular à junta. O ensaio tem sido utilizado, de forma satisfatória, em juntas de concreto armado. Já no caso de juntas não armadas o tipo de carregamento causa altas concentrações de tensões nas extremidades da junta e ruptura prematura, devido à distribuição díspar da tensão de corte na junta, o que acarreta limitações ao método (CLÍMACO, 1990).

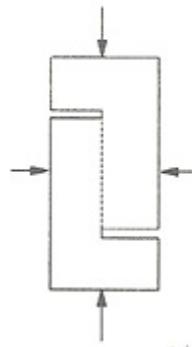


Figura 7- Push off test (CLÍMACO, 1990).

1.4.2.2 Ensaio por flexão

Este método de ensaio (Figura 8) submete vigas de concreto com juntas à flexão. Os planos de aderência fazem ângulos de 30°, 45°, 60° e 90° com o eixo

longitudinal da viga, de modo a evidenciar a junta a tensões de tração, compressão e corte.

No entanto, os resultados são sensíveis aos baixos valores da resistência do concreto à tração e as divergências dos módulos de elasticidade dos materiais envolvidos. Assim, mesmo o método que induz tensões de corte puro numa viga composta por três segmentos concretos unidos por adesão em juntas situadas sob o ponto de momento nulo, não supera o problema, além de romper a tração no concreto próximo à junta.

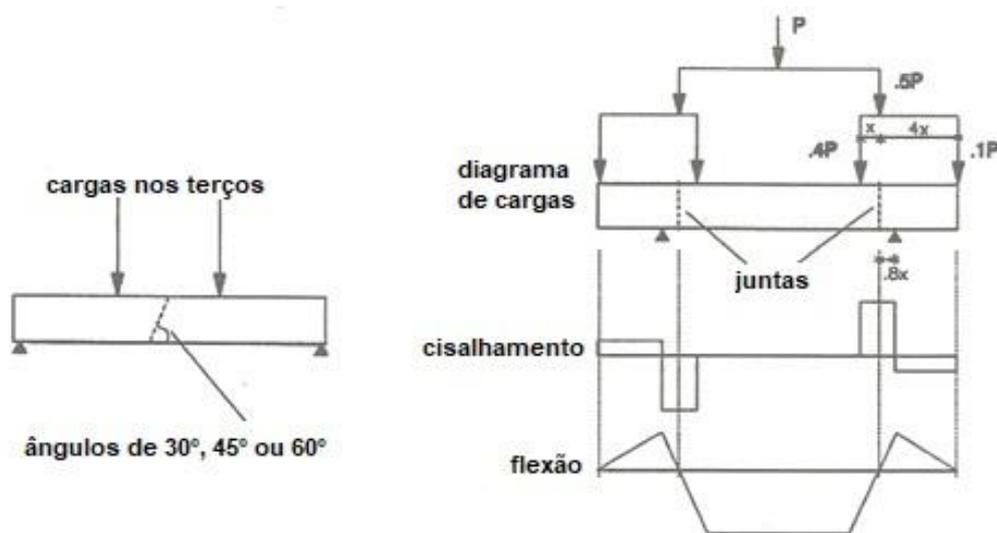


Figura 8 – Flexural test (CLÍMACO, 1990).

1.4.2.3 Ensaio de cisalhamento na flexão

A resistência de aderência ao cisalhamento na flexão, segundo afirma Gusmão (2017), pode ser estabelecida a partir de um corpo de prova prismático com dimensões $100 \times 100 \times 400$ mm, que detém um entalhe em forma trapezoidal na sua face interior, no qual aplica-se um material de reparo, conforme mostra a Figura 9.

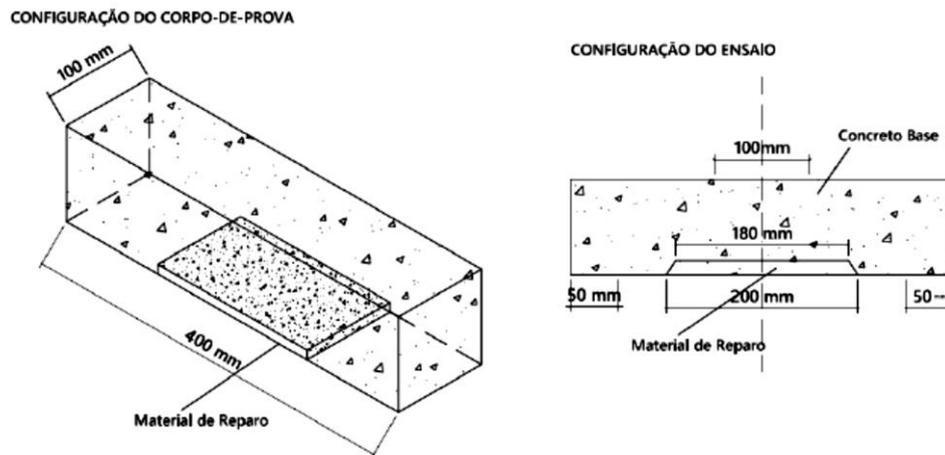


Figura 9– Esquema do ensaio de resistência de aderência ao cisalhamento na flexão. (SANTANA, 2004).

Para realização do ensaio aplicam-se forças concentradas na superfície superior de um corpo de prova prismático biapoado, distantes de 100mm entre si com reparo voltado para baixo.

Na interface entre a superfície de concreto horizontal e o reparo surge tensões de cisalhamento puro, enquanto nas duas faces inclinadas da interface, é possível verificar que as tensões de cisalhamento e de tração são combinadas.

O tipo de ruptura é primordial para a interpretação dos resultados obtidos, podendo ocorrer de cinco maneiras distintas, a saber: ruptura apenas do concreto, sem comprometimento do sistema de reparo (Tipo C); ruptura monolítica com fissura atravessando o reparo e se propagando pelo concreto (Tipo M); fissura inclinada com desprendimento do reparo (Tipos I-1 e I-2) e com o desprendimento do reparo e subsequente fissuração do concreto (Tipo D), como verifica-se na Figura 10.

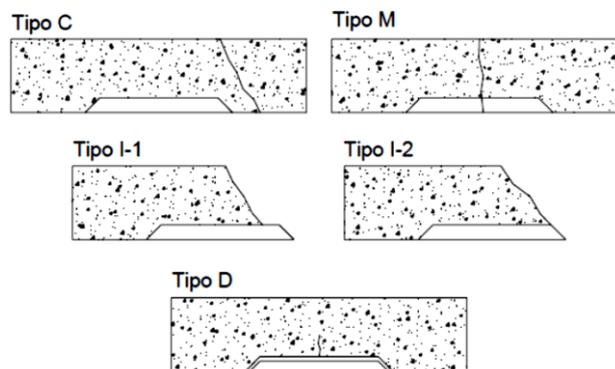


Figura 10-Tipos de rompimento ensaio aderência cisalhamento na flexão. (MORENO, 2007 Apud GUSMÃO, 2017).

1.4.2.4 Ensaio de corpo de prova composto de três prismas

Em suas lições Galletto (2005) afirma que, a resistência de aderência ao cisalhamento direto é complicada de medir, vez que é latente a possibilidade de ocorrer excentricidades que produzem momentos e trações que afetam a avaliação correta do cisalhamento e a reprodução dos ensaios. Existem resultados satisfatórios que estão sendo obtidos com um ensaio de compressão realizado sobre um corpo de prova composto de três prismas, conforme a Figura 11.

Galletto (2005), afirma ainda que para determinar a resistência de aderência ao cisalhamento direto, deve-se moldar corpos de prova com prismas de concreto velho/novo e velho/velho, sendo os últimos considerados como referência. Utilizando-se desses modelos como base define-se a resistência de aderência da ligação entre concreto velho/velho e entre concreto velho/novo. Ademais, ainda é possível determinar a força de ruptura, bem como se deve avaliar a superfície de ligação entre os prismas de concreto.

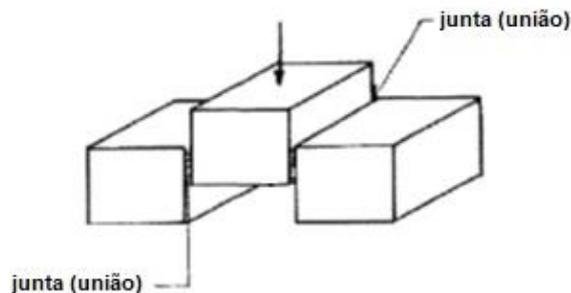


Figura 11- Esquema do ensaio de resistência ao cisalhamento direto em corpo de prova composto de três prismas (HELENE, 1988 apud GALLETTO, 2005).

1.4.3 Ensaio de compressão e cisalhamento

1.4.3.1 Ensaio de cisalhamento oblíquo (Slant shear test)

Gusmão (2017) diz que esse ensaio é de grande importância no estudo da aderência, pois consegue simular uma situação real entre o substrato e o material de reparo, a partir da análise das forças de compressão que atuam sobre as superfícies inclinadas, avaliando a situação do plano crítico para a aderência.

De acordo com a literatura técnica, ensaio de cisalhamento oblíquo é um método, considerado econômico e de fácil reprodução, tendo em vista que se utiliza de técnicas usuais na tecnologia do concreto.

Durante o ensaio de cisalhamento oblíquo, existem dois principais métodos de ruptura, levando em consideração diversos estudos já realizados: a ruptura adesiva e a ruptura coesiva. A ruptura adesiva é aquela proveniente da ruptura na ligação entre os concretos, dessa forma, é possível obter os resultados necessários para a análise do ensaio.

Por outro lado, em uma ruptura coesiva, também chamada de monolítica, ocorre o esmagamento do concreto menos resistente. Dessa forma, não é possível analisar os resultados do experimento, e somente leva a crer que a resistência da ligação é maior que a do concreto de menor resistência.

1.4.3.1.1 Normas para ensaios de cisalhamento oblíquo

BS EN 12615 (1999)

A Norma Britânica descreve um método para determinar a resistência da união entre dois substratos de concreto em prismas compostos submetidos a carga compressiva axial. Existem duas situações previstas, a primeira é a união de duas peças concreto no estado endurecido. Para esse fim, são utilizados prismas de 40x40x160xmm. E a segunda é a união de concreto fresco com concreto endurecido. Para esse fim, são utilizados prismas de 100x100x400xmm.

Esta norma estabelece que as amostras devem ser formadas em moldes metálicos e, após cura por 28 dias, retiradas da água e cortadas a 60° em relação ao eixo da seção transversal. A interface deve ser limpa com água, escova de aço e jato de água com partículas abrasivas. A metade endurecida recebe concreto fresco após a aplicação de um adesivo, formando o prisma composto indicado na Figura 12. Cabe ressaltar que o ensaio permite também a utilização das duas metades endurecidas unidas por um adesivo.

Após 28 dias de cura e ajuste da face para garantir o paralelismo, eles são submetidos a uma carga compressiva axial que expõe a interface de uma combinação de tensões normais e tangenciais no plano da junta de ligação.

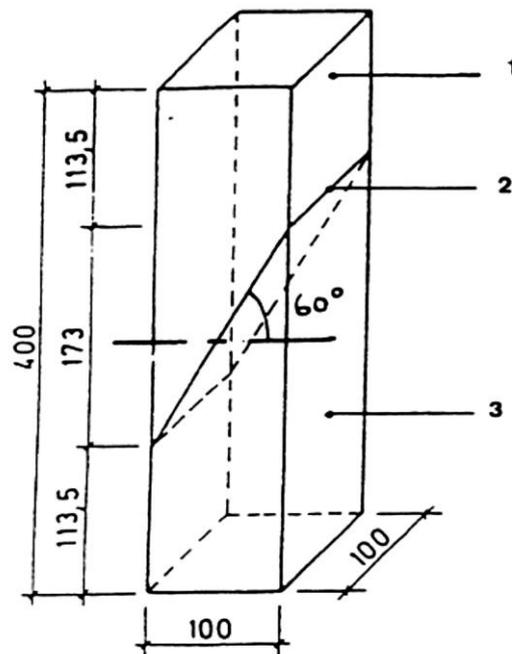


Figura 12– Geometria do prisma composto (EN 12615, 1999)

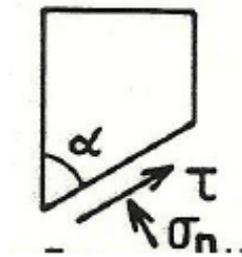


Figura 13– Esquema de forças na interface (BS 12615, 1999)

Conforme a Figura 13, sendo $\alpha = 30^\circ$ e para a avaliação da união concreto fresco com concreto endurecido, em prismas de 100x100x400xmm, tem-se:

$$\tau = \frac{F}{100 \cdot 100} \cdot \sin(30^\circ) \cdot \cos(30^\circ) = \frac{F\sqrt{3}}{40000} \quad (2)$$

Para o caso do cisalhamento oblíquo, de acordo com a EN BS 12615 (1999), os modos de ruptura podem ser divididos nos seguintes grupos:

- Ruptura coesiva em qualquer um dos substratos de concreto;
- Ruptura por adesão em uma das interfaces de concreto;
- Ruptura coesiva do adesivo;
- Ruptura por adesão em ambas as interfaces de concreto.

Em seu trabalho de pesquisa, Momayez et al (2005) definiram os modos de ruptura em função da localização da fratura. Dessa maneira, foi especificado se a ruptura ocorre na ligação (ruptura total da peça) ou quando a ruptura ocorre de maneira parcial no concreto ou no reparo.

Por sua vez, Zanotti et al (2017) em seu estudo separa os modos de ruptura em cinco casos: na ligação com ruptura parcial do substrato, na ligação com separação do substrato próximo a interface, na ligação com ruptura parcial em ambas partes de substrato e reparo, na ligação com ruptura parcial do reparo e quando ocorre ruptura na ligação.

Madeiro (2019), adotou os seguintes critérios de ruptura:

- a) na ligação;
- b) na ligação com ruptura parcial no concreto;
- c) na ligação com ruptura parcial no reparo (argamassas ou compósitos);
- d) ruptura no substrato de concreto ou reparo

ASTM C882 / C882M (2015)

A norma de ensaio de cisalhamento oblíquo dos EUA é ASTM C882 / C882M (2015). Este método refere-se à avaliação da união entre concretos endurecidos e concreto endurecido com concreto fresco. Os modelos consistem em cilindros com diâmetro de 75 mm e altura de 150 mm, que são separados em duas metades por um plano diagonal a 60° do plano horizontal (Figura 14).

A resistência é obtida aplicando uma força de compressão axial ao cilindro compósito. São necessários três corpos de prova.

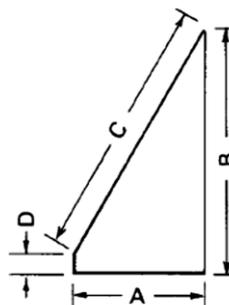


Figura 14– Corte do corpo de prova (ASTM C882, 2015)

Sendo a área elíptica da interface igual a 9116 mm², a resistência de

aderência é dada por:

$$f_b = \frac{F}{916} \left(\frac{N}{mm^2} \right) \quad (3)$$

Dessa forma, é possível encontrar a relação entre os valores de aderência por estes dois métodos normativos é:

$$\frac{f_{b,cilindro}}{f_{b,prisma}} = 2,53 \quad (4)$$

1.5 Rugosidade

Como relatado anteriormente, o tratamento da superfície, a limpeza e a rugosidade são os principais aspectos que influenciam na aderência. A escarificação do concreto é um dos fatores principais para criar rugosidade na superfície.

He (2017) elaborou um estudo visando verificar a influência da rugosidade entre dois corpos prismáticos de concreto. A rugosidade implementada nesse ensaio experimental foi uma rugosidade artificial, criada no concreto antigo (180 dias) durante sua concretagem, utilizando pentes de ferros com diferentes tipos de serras, conforme Figura 15.



Figura 15–Tipos de rugosidades artificiais He (2017)

Esse tipo de estudo é relevante em função da facilidade em criar a rugosidade com o concreto ainda fresco, porém pode ser questionada em relação a um possível reparo real, no qual o concreto antigo é pré-existente impossibilitando assim a criação da chamada rugosidade artificial. Vale ressaltar que a união entre dois materiais não é um caso exclusivo de reparo ou reforço estrutural. Peças de concreto de grandes dimensões como lajes e paredes, necessitam de algumas etapas para serem executadas, o que abre margem para possíveis soluções utilizando uma rugosidade artificial.

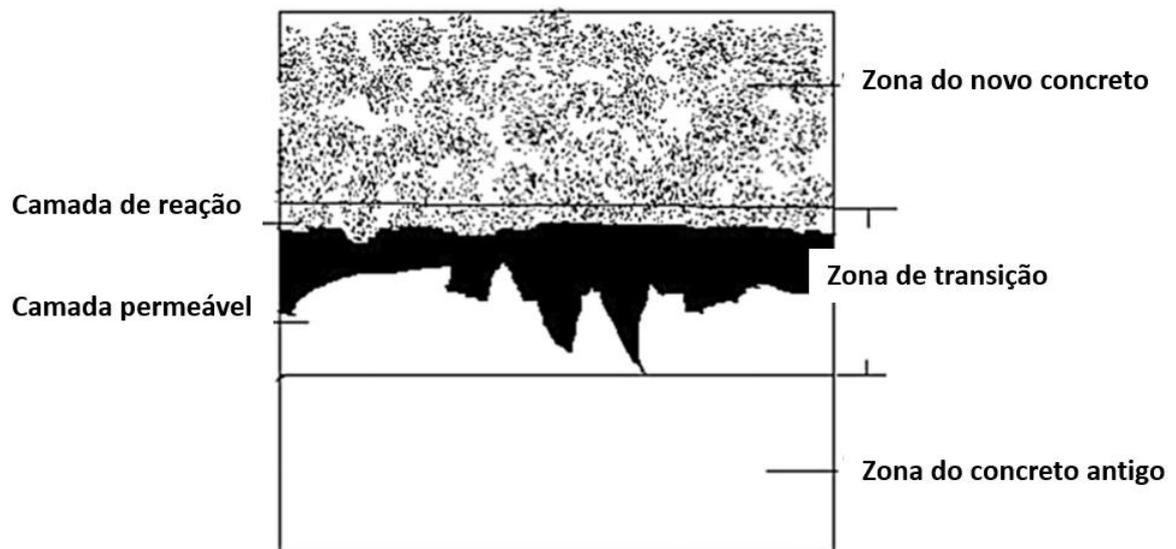


Figura 16— Zona de Transição He (2017)

As figuras 16 e 17 mostram que a região crítica para uma boa aderência se refere à zona de transição entre o concreto antigo e novo.

Espeche (2011) também relata que a falha das ligações, normalmente ocorrem na região que é muito semelhante a conhecida zona de transição entre os agregados e a pasta de cimento de um concreto convencional.

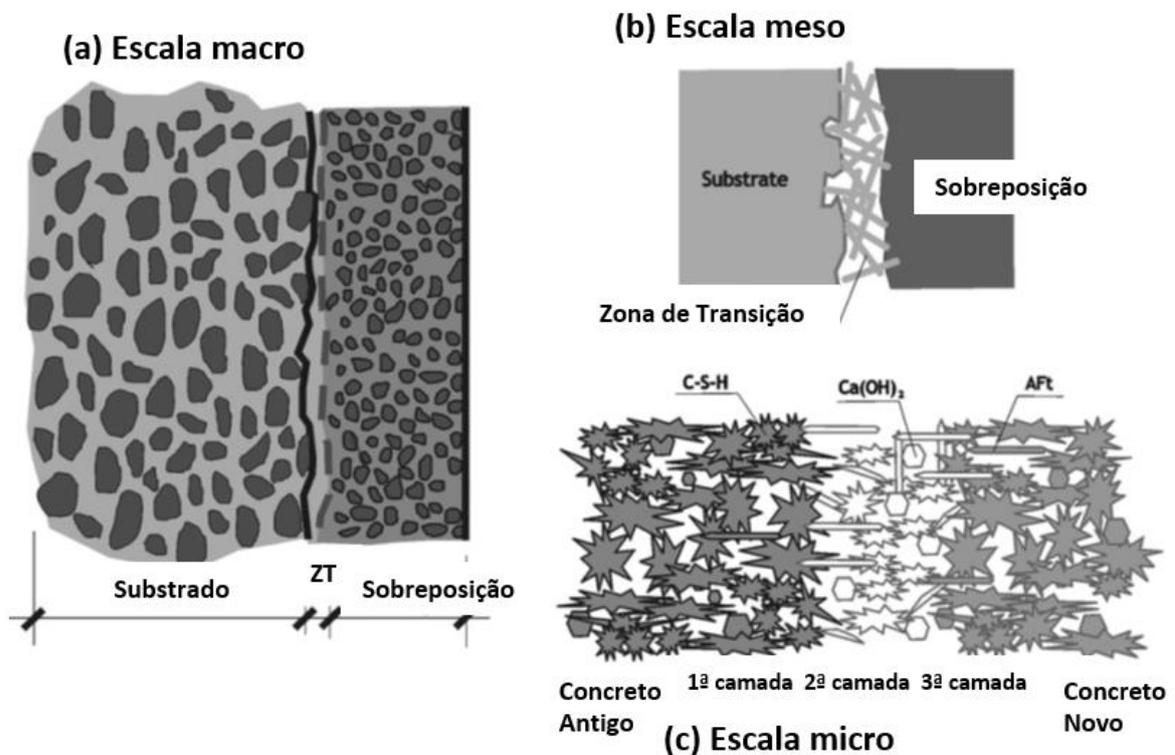


Figura 17—Zona de transição concreto – (ESPECHE, 2011)

Dessa forma, se a ponte de aderência e rugosidade não forem realizadas de maneira adequada, a interface não será eficaz.

Os resultados obtidos por He (2017), indicam que quanto mais profunda a rugosidade for, mais altas são as resistências de aderência.

Diab (2017), realizou análises experimentais para verificar a relação entre um concreto antigo com um concreto auto adensável. Entre os diversos ensaios realizados, o ensaio de cisalhamento oblíquo foi um dos principais meios utilizados para verificar a interação entre os dois materiais.

Um dos fatores interessantes na pesquisa de Diab (2017) foi a forma como foi realizado o tratamento superficial do prisma de concreto original que recebeu posteriormente o concreto auto adensável.

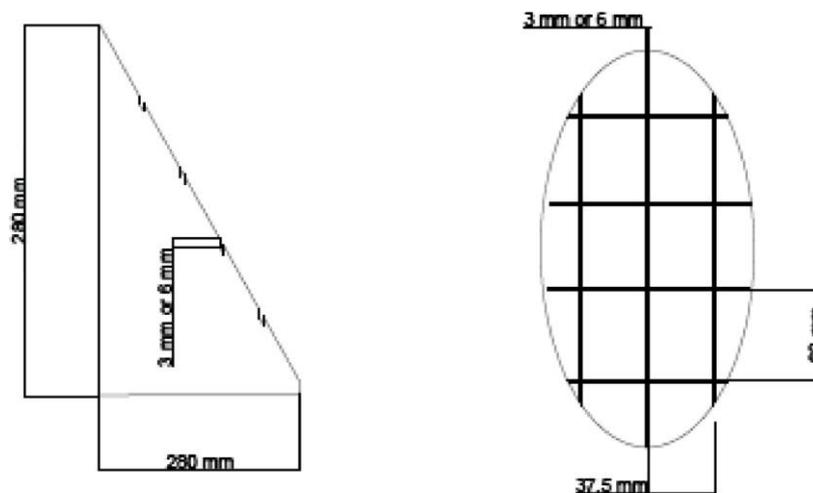


Figura 18– Rugosidade criada no prisma – (DIAB, 2017)

Conforme verificado na Figura 18, foram criadas ranhuras com 3 mm de profundidade e 3 mm de largura em alguns prismas e em outros com ranhuras de 6 mm de profundidade e 6 mm de largura.

Após análise dos resultados, foi verificado que os cilindros com ranhuras maiores, apresentaram a resistência ao cisalhamento de 26% maior.

Em Zanotti et al (2018) os autores apresentam uma avaliação da resistência de aderência de substrato de concreto e argamassas de reparo reforçadas com fibra, a partir de ensaio de cisalhamento oblíquo. Os autores comparam o desempenho de compósitos com fibras PVA de comprimentos de 8 e 12 mm e fibras de aço de 13 mm, em teores de 0,5% e 1% com argamassa simples, para controle. No trabalho foi considerado substratos jateados e substratos sem tratamento superficial, conforme Figura 19 e 20. Os autores concluíram que:

- As interfaces jateadas promoveram maior resistência de aderência. Além disso, os resultados das amostras sem tratamento superficial apresentaram maior variabilidade e menor confiança estatística, devido à sua maior sensibilidade à propagação da fissuração pela falta de mecanismos adicionais como o intertravamento.
- As fibras de aço aumentaram a resistência de adesão em até 98,5% em interfaces jateadas, observando-se efeito de pino.
- Nas interfaces jateadas, as fibras de PVA ofereceram um substancial aumento da resistência adesiva interfacial (de 5 MPa até 11 MPa), promoveram microfissuração na interface, minimizando a ruptura brusca e a fissuração de retração.
- As fibras de PVA de 12 mm tiveram um desempenho melhor do que as fibras de PVA de 8 mm no geral.
- A rugosidade superficial obtida com jateamento de areia desempenhou um papel fundamental ao permitir o desvio do plano de fratura do plano de ligação e, portanto, promovendo a ativação dos mecanismos de reforço da ligação oferecido pelas fibras. No caso das fibras de aço, o jateamento de areia também promoveu a orientação das fibras paralelamente ao plano de cisalhamento próximo à interface, que tornou possível o efeito de pino.

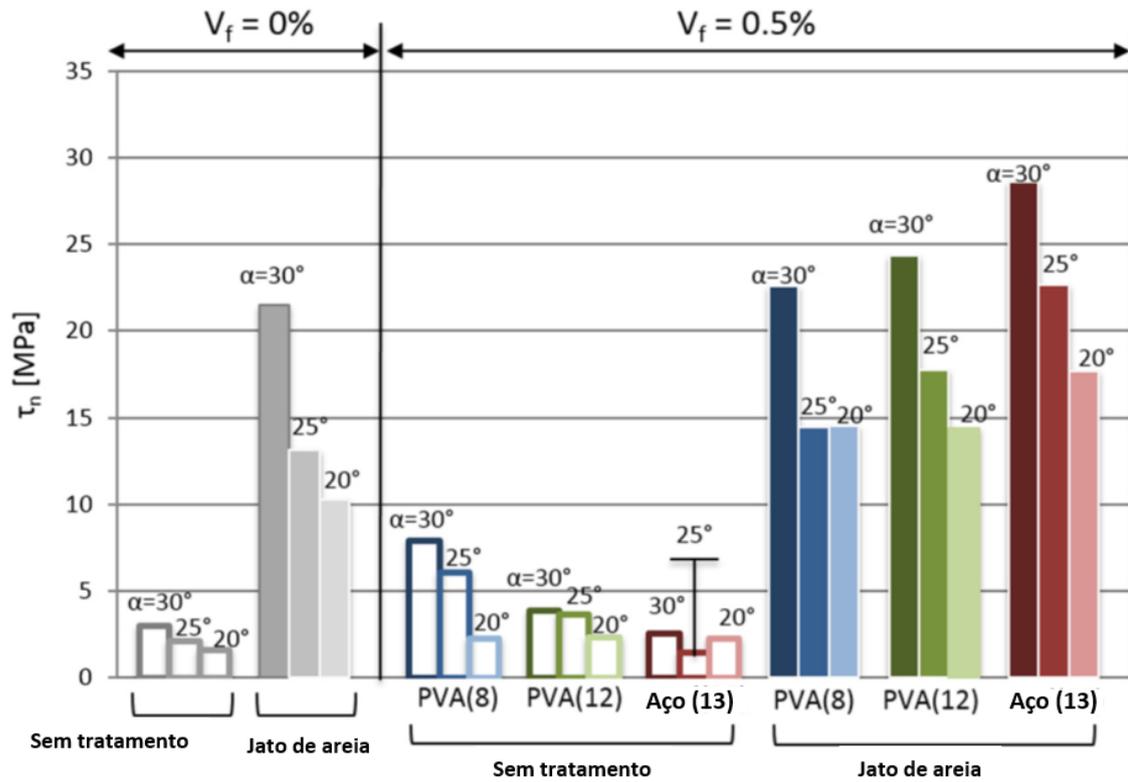


Figura 19– Comparação das resistências de aderência - Sem fibras e 0,5% de fibras (ZANOTTI et al, 2018)

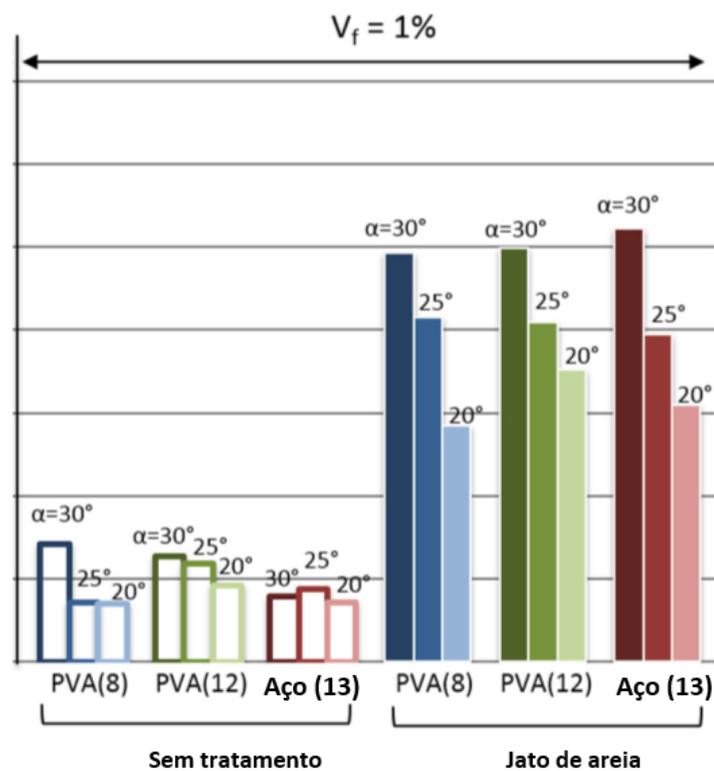


Figura 20– Comparação das resistências de aderência - 1,0% de fibras (ZANOTTI et al, 2018)

Júlio et al (2004) realizaram uma análise experimental avaliando a resistência de aderência entre concretos utilizando técnicas de tratamento superficial com o objetivo de aumentar a rugosidade da ligação. Foram realizados quatro tipos de tratamento superficial: amostragem sem nenhum tratamento superficial (1), escovação (2), apicoamento (3 e 4) e jato de areia (5). Foram realizados ensaios de cisalhamento oblíquo e testes de arrancamento de pastilha com o objetivo de quantificar a influência da rugosidade da superfície do substrato sobre a resistência da ligação. No trabalho foi possível detectar um aumento significativo na resistência de aderência em função tratamento superficial (ver Figura 21).

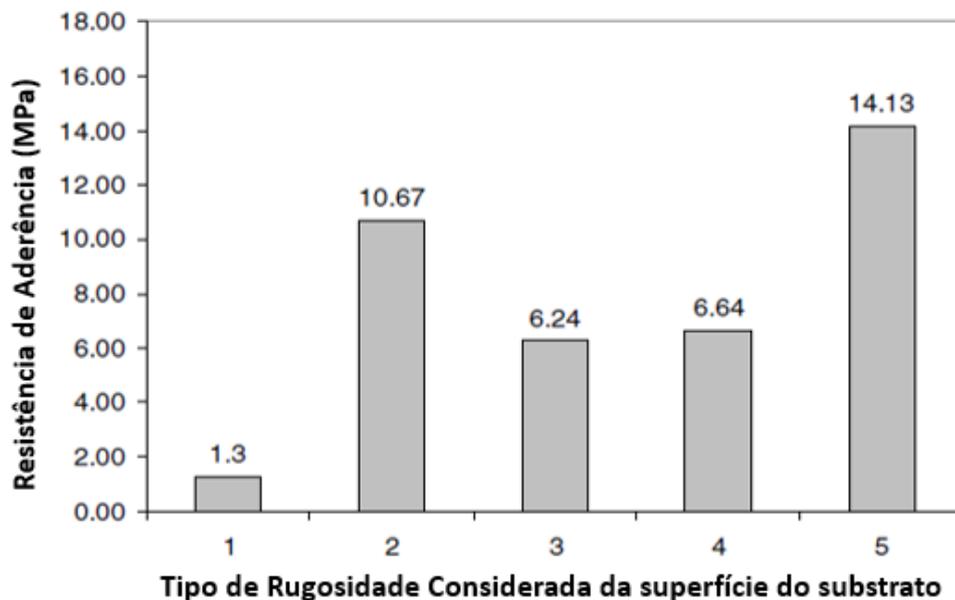


Figura 21–Comparação das resistências de aderência (JÚLIO ET AL,2004)

Mirmoghtadaei et al. (2015) realizaram um programa experimental avaliando diferentes formas de tratamento superficial na aderência entre concretos. Os corpos de prova foram moldados de acordo com a norma ASTM C882 (2013) e ensaiados por cisalhamento oblíquo. Foram realizados seis tipos de rugosidade diferentes em três tipos de argamassas.

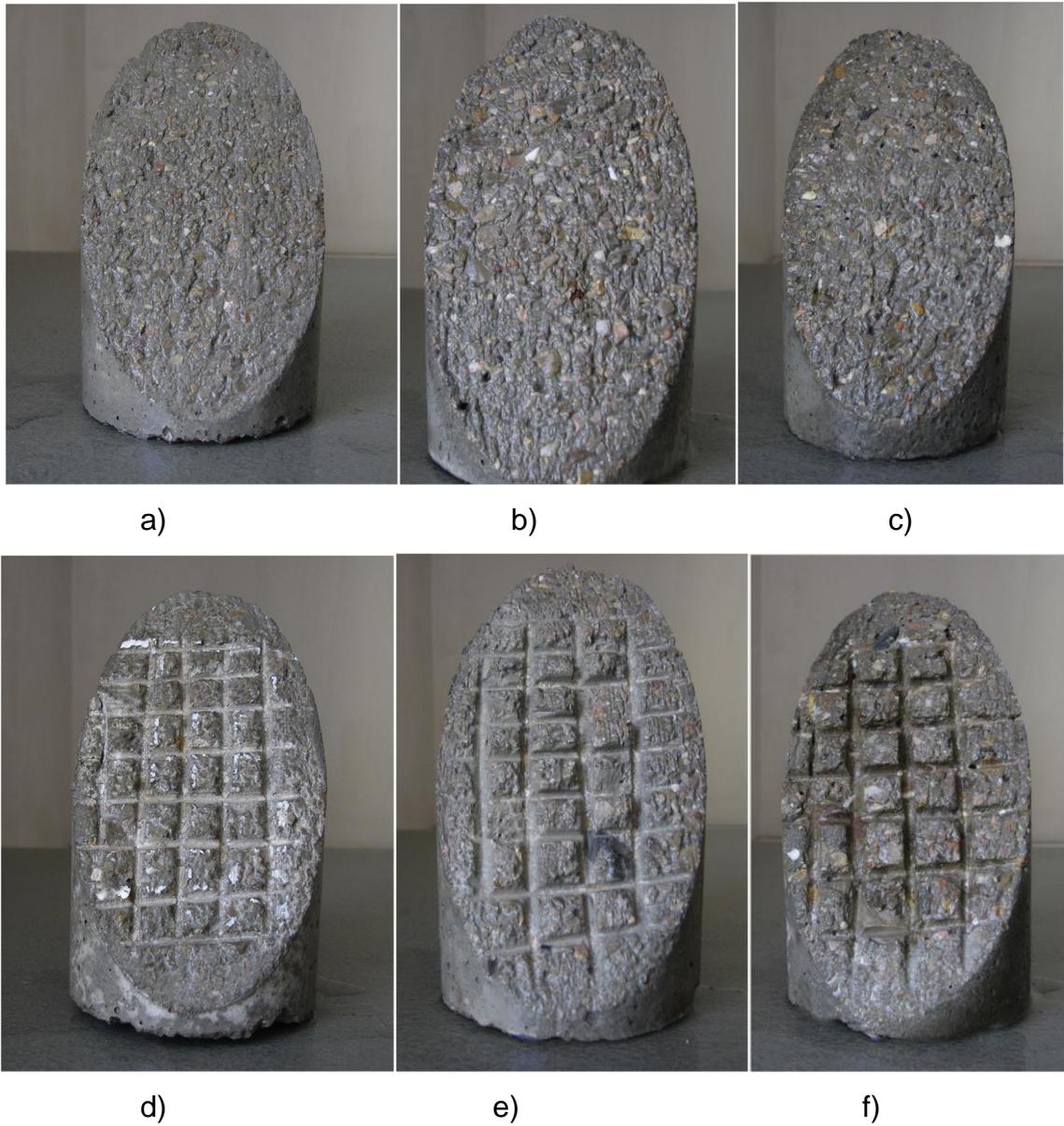


Figura 22–Tratamento superficiais realizados (MIRMOGHTADAEI ET AL, 2015).

Os métodos de tratamento superficial foram: (a) sem tratamento; (b) escova de aço; (c) aplicação de ácido hidro clorídrico; (d) ranhuras feitas com ferramenta mecânica, com 3mm de espessura e 6mm de profundidade; (e) ranhuras e escovação; (f) ranhuras e aplicação de ácido, conforme verificado na Figura 22.

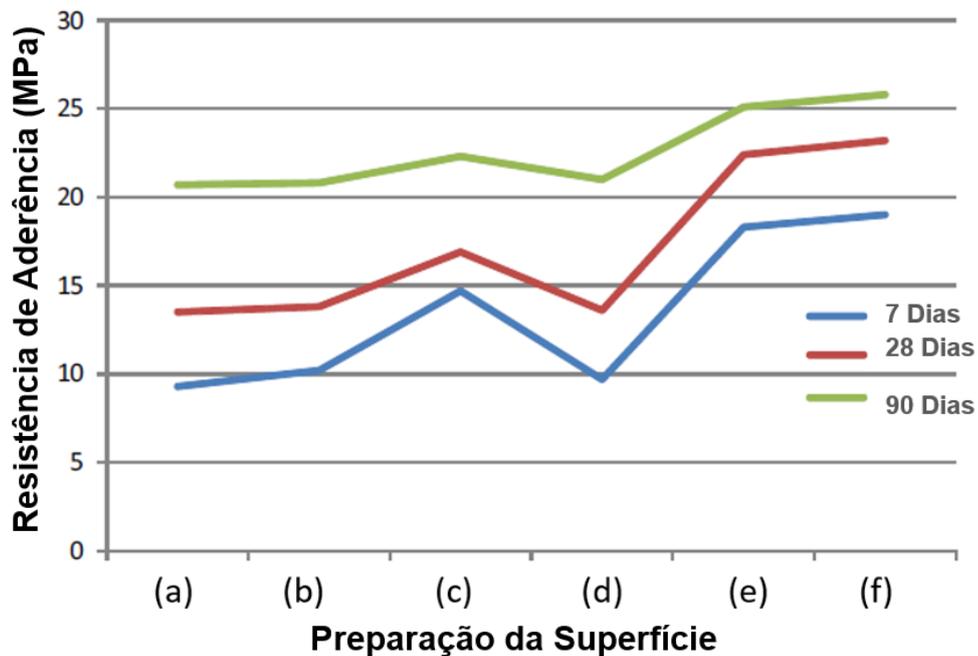


Figura 23–Resistência de aderência em função da rugosidade (MIRMOGHATADEI ET AL, 2015).

Foi verificado que a maior resistência de aderência foi obtida com a rugosidade de ranhuras e ácido. A superfície em questão é mais áspera entre todos os métodos e com melhor intertravamento entre o substrato e o revestimento.

A ruptura desses elementos ocorreu gerando grande fissuração no concreto e pequena no reparo. O modo de ruptura com pequenas fissuras no substrato completando ao longo da interface nos modelos com tratamento superficial com escova de aço. A ruptura ocorreu ao longo da interface nos corpos de prova sem nenhum preparo da superfície.

Dessa forma, foi possível verificar a o aumento na resistência de aderência em função da rugosidade da superfície, conforme Figura 23.

1.5.1 Classificação da rugosidade

Conforme verificado anteriormente, os tipos de tratamento na superfície influenciam diretamente na rugosidade do material, aumentando consideravelmente a resistência da aderência da ligação estudada.

O Model Code CEB/FIP (2010) elabora parâmetros para caracterizar a rugosidade do material, definindo assim um critério de influência que a rugosidade gera na resistência da aderência do material. Para uma ligação entre concreto-

concreto, é necessário considerar alguns aspectos inicialmente, que podem influenciar na ligação entre os materiais:

- Verificar a contaminação da superfície que receberá o novo material, o que pode causar uma redução na resistência da ligação. Além disso, as condições climáticas, como radiação solar e rajadas de ventos elevadas.
- Métodos inadequados de criação da rugosidade, podem prejudicar a superfície e podem até mesmo levar o material a apresentar microfissuras.
- A qualidade do concreto novo, pode reduzir a resistência de ligação dos materiais.
- As bordas das ligações devem ser resistentes em função do acúmulo de tensões internas de tração e cisalhamento geradas.

Para a caracterização da rugosidade da interface, o Model Code CEB/FIP (2010) apresenta a obtenção do R_m , um parâmetro comum que representa o desvio absoluto da superfície com base na linha média \bar{y} . É determinado como o valor médio das alturas do perfil ao longo de um comprimento de avaliação l :

$$R_m = \frac{1}{l} \cdot \int_0^l |y(x) - \bar{y}| \cdot dx \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \bar{y}| \quad (5)$$

$$\bar{y} = \frac{1}{l} \cdot \int_0^l y(x) \cdot dx \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y(x) \quad (6)$$

Onde

l é o comprimento de avaliação

$y(x)$ é a altura do perfil em relação ao eixo x

As equações 5 e 6 podem ser ilustradas conforme a Figura 24.

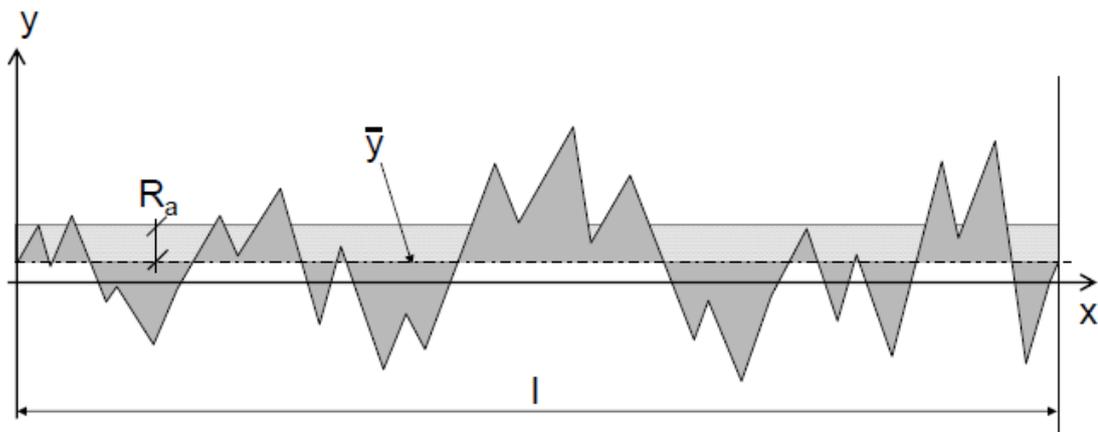


Figura 24 – Rugosidade Média - MODEL CODE CEB/FIP (2010)

Outro parâmetro frequentemente utilizado é altura média do “pico ao vale” R_z que representa a média dos desvios máximos dentro de um certo número de comprimentos de avaliação:

$$R_z = \frac{1}{5} \cdot \sum_{i=1}^5 R_{zi} \quad (7)$$

A equação 7 pode ser ilustrada conforme a Figura 25.

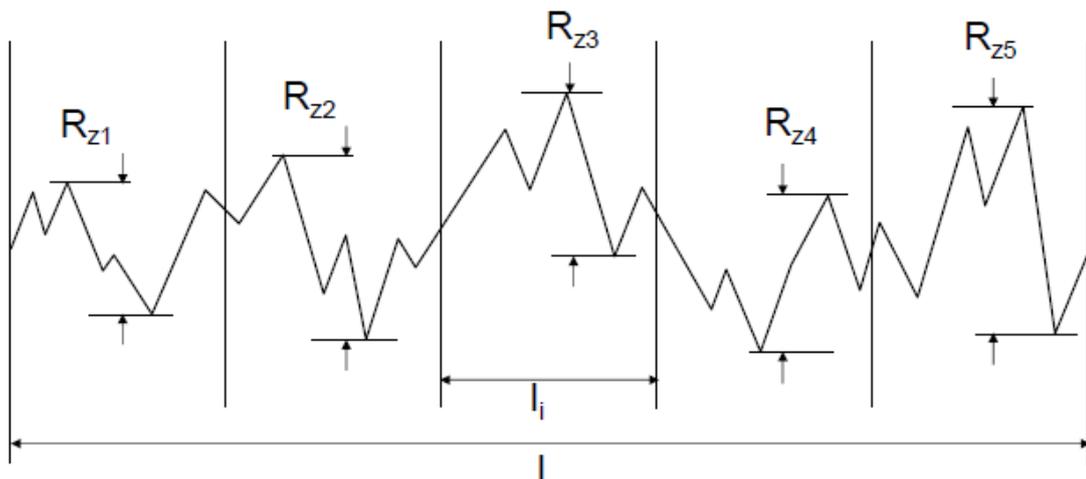


Figura 25 – Rugosidade R_z - MODEL CODE CEB/FIP (2010)

Segundo o Model Code CEB/FIP (2010), existem diversas formas e métodos para especificar a rugosidade de uma superfície de concreto. Além dos métodos citados anteriormente, a norma em questão apresenta o *sand patch method*, que é

um método simples e rápido de execução, porém sem a exatidão dos métodos citados anteriormente, além disso, só é possível executá-lo em superfícies horizontais ou inclinadas. A rugosidade média pode ser estimada como a altura média do cilindro de areia, isto é, o volume de areia dividido pelo diâmetro do círculo.

Dessa forma é possível determinar o fator R_t , que segundo o Model Code CEB/FIP (2010) é aproximadamente metade do R_z . Com esses dados a rugosidade da superfície pode ser classificada de acordo com os dados da Tabela 3.

Tabela 3 – Classificação da Rugosidade - MODEL CODE CEB/FIP (2010)

Categoria	R_t (mm)
Muito suave	Sem medição
Suave	< 1,5 mm
Rugosa	≥ 1,5 mm
Muito Rugosa	≥ 3,0 mm

Cabe ressaltar que o parâmetro utilizado para a classificação da rugosidade é o R_t .

De acordo com o Model Code CEB/FIP (2010), se os critérios que garantem uma boa ligação forem alcançados como, superfície limpa, rugosidade apropriada, boa qualidade do concreto, os valores representativos para a resistência média ao cisalhamento para as classes de concreto inferiores ao C50 / 60 ficarão nas seguintes faixas:

- Interface rugosa (Jateamento de areia) ~ 1,5 – 2,5 N/mm²
- Interface muito rugosa (jato de água de alta pressão) ~ 2,5 – 3,5 N/mm²

Outro fator de suma importância que influencia diretamente na ligação do material é a força de atrito por cisalhamento que pode se desenvolver dependendo da rugosidade da interface.

De acordo com o Model Code CEB/FIP (2010), os valores médios que representam o coeficiente de atrito para classes de concreto inferiores ao C50 / 60 são de acordo com a Tabela 4.

Tabela 4 – Coeficiente de atrito médio - MODEL CODE CEB/FIP (2010)

Categoria	μ
Interface suave	0,5 - 0,7
Interface rugosa	0,7 – 1,0
Interface muito rugosa	1,0 – 1,4

1.6 Uso da ponte de aderência

Climaco (1989), realizou diversos ensaios de cisalhamento oblíquo com diferentes métodos para unir dois prismas de concreto.

Na segunda série de estudos, foram avaliadas as seguintes situações:

- a) superfície da junta mantida úmida por 4 horas, união sem camada adesiva;
- b) superfície seca, união sem camada adesiva;
- c) camada adesiva constituída por argamassa com consistência cremosa;
- d) camada adesiva constituída por resina epóxi aplicada com brocha e concreto fresco lançado antes da pega da resina;
- e) camada adesiva constituída por argamassa modificada por polímeros (SBR) aplicada com brocha em base saturada e concreto fresco lançado antes da pega da resina;
- f) duas camadas de SBR, sendo a segunda camada aplicada após a secagem da primeira;
- g) duas camadas de resina epóxi, sendo a segunda camada aplicada após a secagem da primeira;
- h) espécimes de controle.

Após a realização dos ensaios, foi possível verificar que ponte criada pela argamassa [item (c)] e pela resina epóxi [item (d) e (g)] tiveram aumento significativo na resistência de aderência quando comparado aos resultados sem a utilização da ponte. Cabe ressaltar que no estudo de Clímaco (1989), a argamassa modificada por polímeros, não apresentou um aumento na resistência de aderência do material.

Doria et al (2015) realizaram diversas análises a resistência de aderência entre concretos. Os corpos de prova receberam três tipos de tratamentos distintos na interface entre os concretos: somente escovação; escovação e camada de argamassa

e escovação e camada de epóxi. Foram realizados ensaios de tração indireta e cisalhamento oblíquo e vertical na interface.

Tabela 5 – Resultados cisalhamento oblíquo - DORIA ET AL (2015)

Método de tratamento	Parâmetros de resistência de aderência	
	Média (MPa)	Coef. de variação (%)
Escovação	20,88	17,83
Escovação-argamassa	21,71	14,07
Escovação-epóxi	23,38	8,07

Conforme análise da Tabela 5, é possível verificar que a utilização da ponte de aderência, tanto da argamassa quanto da resina epóxi, geraram um aumento na resistência de aderência do material.

1.7 Uso de fibras de PVA

Zanotti et al (2014) avaliaram a inclusão de fibras PVA em material de reparo, por meio de ensaio de cisalhamento oblíquo em moldes cilíndricos, com diâmetro de 75mm e altura de 280mm, variando o ângulo vertical da junta entre 30°; 25° e 20° graus. Tanto o concreto quanto a argamassa de reparo foram dosados com 0,25% de cinza volante e os teores de fibra testados foram de 0%, 0,5% e 1% em volume. Foram testadas duas condições de exposição: condições de laboratório e exposição à ciclos de umedecimento e secagem. Além disso, os autores avaliaram a ligação procedendo a um tratamento superficial realizado por jateamento com areia.

Em suma, os autores verificaram que as fibras de PVA adicionadas ao material de reparo podem melhorar significativamente a adesão interfacial.

Entre os modelos estudados por Diab et al (2017) alguns tiveram acréscimos de fibras de PVA em 0,1% e 0,2%. Os autores verificaram que a inclusão dessas fibras permitiu um aumento de 9% e 14% na resistência, respectivamente.

1.8 Ensaio de longa duração

Mirmoghtadaei et al. (2015) realizaram um programa experimental avaliando diferentes formas de tratamento superficial na aderência entre concretos. Os corpos de prova foram moldados de acordo com a norma ASTM C882 (2015) e ensaiados por cisalhamento oblíquo. Foram realizados seis tipos de rugosidade diferentes em três tipos de argamassas. Os efeitos de envelhecimento foram analisados, com os testes executados nas idades de 7, 28 e 90 dias. A Figura 26, representa apenas dois tipos de rugosidade do ensaio de Mirmoghtadaei et al. (2015), a aplicação sem tratamento e o tratamento com ranhuras e ácido.

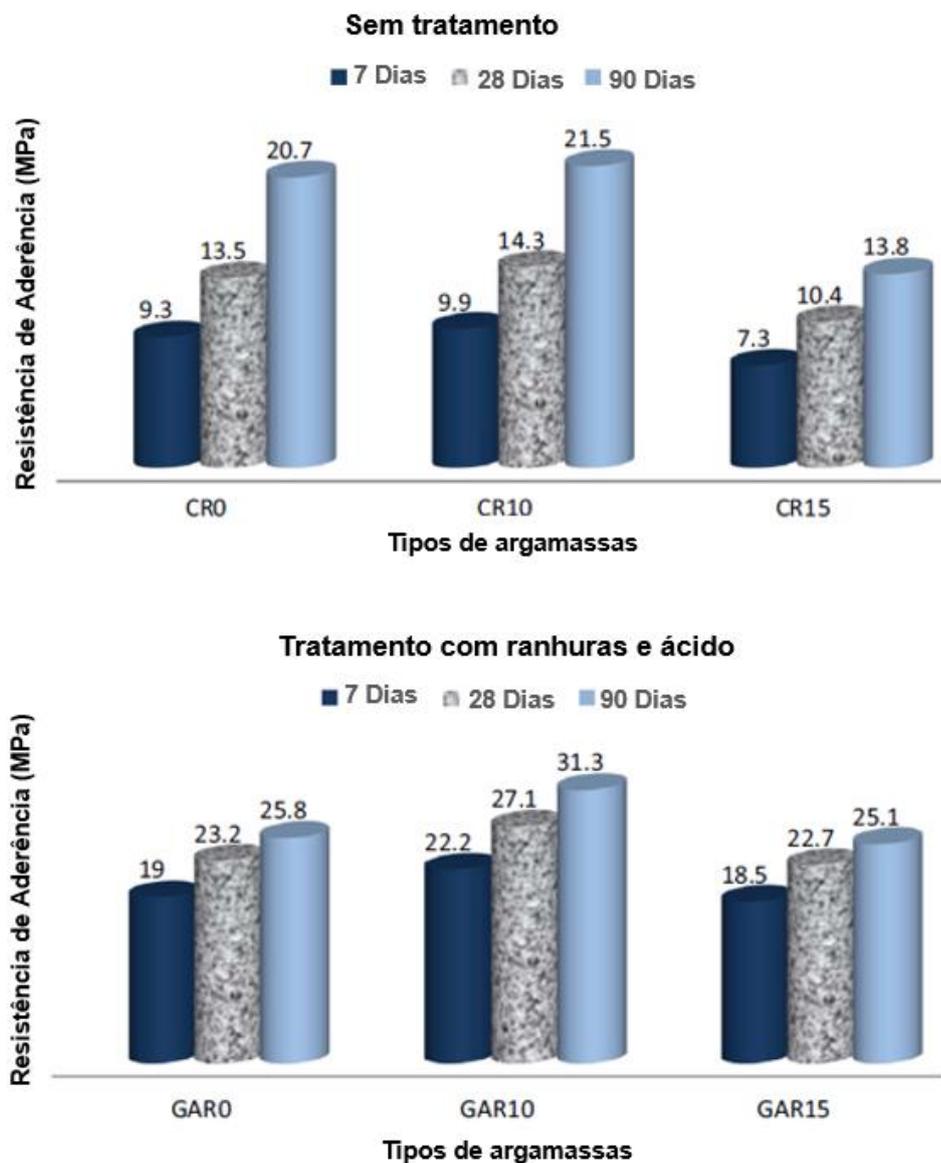


Figura 26 – Tensão de aderência com diferentes idades – (MIRMOGHTADAEI ET AL.,2015)

De acordo com a Figura 26 é possível analisar que independentemente do tipo de argamassa e tratamento superficial realizado, a tendência da resistência de aderência é aumentar ao longo do tempo.

Segundo o estudo de Climaco (1989), o reparo foi executado após o concreto base completar 8 meses e os ensaios foram realizados após o reparo atingir 60 dias. Durante a análise dos resultados, os autores verificaram que o grupo sem adesivo apresentou resistência apenas 9% inferior ao grupo com adesivo epóxi. Comparando os ensaios em diferentes idades foi verificado que as resistências de aderência sem camada adesiva aumentaram com a idade do concreto, Já os grupos com epóxi e SBR não houve mudanças relevantes.

2 PROGRAMA EXPERIMENTAL

O presente capítulo apresenta as etapas e processos conduzidos nos ensaios experimentais no Laboratório de Engenharia Civil da UERJ.

Para iniciar os ensaios experimentais, foi definido primeiramente qual seria o concreto que representaria o material de base, ou seja, aquele que simularia o concreto já existente, que irá interagir com o material de reparo.

Foi definido um concreto com o traço 1:1,51:1,71, que teve como objetivo principal simular um concreto tradicional, utilizado nas mais diversas obras do país.

2.1 Materiais utilizados no concreto

2.1.1 Cimento

O cimento escolhido foi o CP II E 32 do fabricante Holcim. A característica principal desse cimento Portland é a presença de escória de alto forno. A massa específica do cimento foi determinada pelo procedimento da NBR 16605 (2017) e é igual a 3,1 g/cm³.

2.1.2 Agregado miúdo

Foi utilizada uma areia média, lavada, com diâmetro máximo de 2,36mm e módulo de finura igual a 2,57. É encontrada em sacos de 20 kg em lojas de materiais de construção. Para a determinação da curva granulométrica utilizou-se a norma NBR NM 248 (2003) e a determinação da massa específica foi feita segundo a norma NBR NM 52 (2009). Os resultados estão apresentados no anexo A.

2.1.3 Agregado graúdo

Da mesma forma da areia, o agregado graúdo, foi comprado em sacos de 20 kg no comércio local, A brita utilizada tem uma massa específica de 2,73 g/cm³ e diâmetro máximo de 19 mm. A massa específica foi determinada segundo a norma NBR NM 53 (2009) e a granulometria, conforme a NBR NM 248 (2003). Os resultados estão apresentados no anexo B.

2.1.4 Água

A água utilizada veio das instalações hidráulicas do laboratório, fornecida pela rede pública de abastecimento da cidade do Rio de Janeiro.

2.2 Características do material de base

A concretagem do material de base, foi realizada no laboratório da UERJ, em uma sala climatizada (21°C). A composição e traço do concreto estudado é apresentada na Tabela 6.

Tabela 6 – Quantitativo dos materiais utilizados no Concreto

Material	Traço adotado	Consumo (kg/m ³)
Cimento	1	488,35
Agregado miúdo	1,510	737,40
Agregado graúdo	1,710	835,07
Água	0,419	233,72

A mistura foi realizada em uma betoneira fixa com capacidade de 100 litros. Todos os materiais foram dosados utilizando uma balança de precisão.

Para os ensaios de caracterização mecânica do concreto, foram utilizadas formas cilíndricas de 10x20cm. Foram considerados cinco corpos de prova para os ensaios de compressão e módulo de elasticidade e três para os ensaios de tração por compressão diametral para as idades de 28 dias e 120 dias.

Para os ensaios de arrancamento foram utilizadas três formas metálicas retangulares de 60x60cm com espessura de 10cm para a moldagem de uma placa de concreto. De modo a limitar a altura final das peças em 5cm, acrescentou-se duas fiadas de isopor, sendo uma com três centímetros e a outra com dois centímetros, conforme Figura 27.

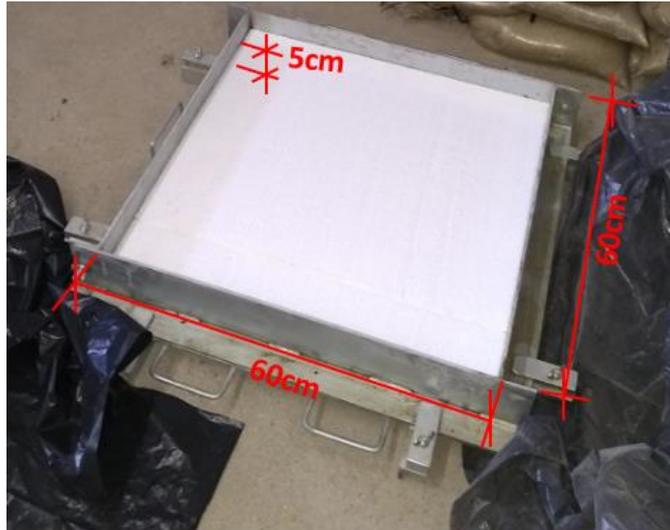
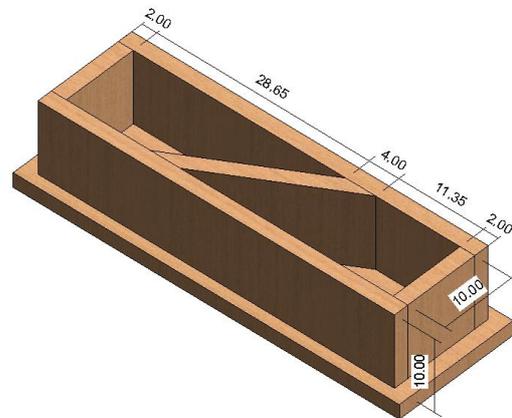


Figura 27 – Forma metálica de 60cmx60cmx10cm (5cm de isopor)

Para os ensaios de cisalhamento oblíquo foram confeccionadas vinte formas de madeira com dimensões de 10x10x40cm, incluindo uma peça no meio com inclinação de 30° com a parede lateral da forma, conforme a BS EN12615 para a concretagem simultânea de dois corpos de prova conforme Figura 28.



a)



b)

Figura 28 – a) Formas de madeira; b) Detalhe das formas de madeira

Para facilitar a desforma das peças após a concretagem, foi utilizado um pincel e óleo nas formas, de acordo com a Figura 29. Antes disso, todas as formas foram lavadas e limpas com um pano úmido.



Figura 29 - Aplicação de óleo nas formas

Para a concretagem das placas (Figura 30), foi utilizada uma colher de pedreiro para facilitar o preenchimento da forma e uma desempenadeira com o objetivo de nivelar o concreto.



a)



b)



c)

Figura 30 – a) Concretagem das placas metálicas; b) Concretagem dos corpos de provas cilíndricos; c) Concretagem dos prismas

A compactação foi realizada utilizando a haste socadora, para melhor adensamento.

2.2.1 Ensaios realizados com o concreto fresco

Foram realizados ensaios de abatimento, massa específica e teor de ar incorporado para verificar as propriedades do concreto ainda no estado fresco.

2.2.1.1 Consistência do concreto

O Abatimento, também conhecido como Slump test, é o método cujo objetivo é verificar a consistência do concreto no estado fresco a partir do assentamento do mesmo. Com base na NBR NM 67(1998), foram realizados os procedimentos para a determinação do abatimento.

O tronco de cone foi preenchido com três camadas de aproximadamente um terço da altura e compactadas com 25 golpes utilizando a haste de socamento. Após o preenchimento, a superfície foi rasada e a base limpa para a retirada do molde.



Figura 31 – Medição do Abatimento

Após a retirada, foi verificado um abatimento de 22 cm, conforme a Figura 31.

2.2.1.2 Massa Específica

Com base na NBR 9833 (2008) foi realizado o ensaio de massa específica do concreto no estado fresco utilizando um recipiente metálico de 8l.

O adensamento foi realizado de forma manual, utilizando três camadas de igual altura, realizando 25 golpes nas duas primeiras camadas e 50 golpes na última camada. Para finalizar o adensamento, a superfície foi rasada, limpa e pesada.

Para determinação da massa específica, foi utilizada a equação 8.

$$\rho_{ap} = \frac{M}{V} \times 1000 \quad (8)$$

Onde,

ρ_{ap} - é a massa específica aparente do concreto, em quilogramas por metro cúbico (kg/m^3);

M - é a massa de concreto, em quilogramas (kg);

V - é o volume do recipiente, em decímetros cúbicos (dm^3).

2.2.1.3 Teor de ar incorporado

Para a verificação do teor de ar no concreto fresco, foi utilizado o método pressométrico com base na Norma NBR NM 47 (2002), com o aparelho medidor de ar conforme a Figura 32. Esse método tem como objetivo verificar o teor de ar num concreto fresco a partir das mudanças do volume de concreto devido a mudança de pressão.

Por definição o teor de ar é o volume de ar presente no concreto, expresso em porcentagem do volume total de concreto fresco após o adensamento.



Figura 32 - Método pressométrico – Aparelho utilizado

2.3 Desforma e cura do concreto

A desforma dos corpos de provas foi realizada após 24 horas da concretagem, a utilização do óleo desmoldante foi fundamental para garantir a integridade das peças de concreto, principalmente o molde do prisma composto, tendo em vista que a “ponta” do corpo de prova é extremamente frágil.

Após a desforma das peças de concreto, as amostras foram submetidas a cura úmida por 28 dias, conforme a Figura 33.



Figura 33 – Cura úmida dos corpos de prova

Tanto o prisma composto quanto os corpos de prova cilíndricos couberam nas câmaras da sala úmida na qual ficaram totalmente submersos na água, porém não foi possível colocar as placas de concreto dentro das câmaras, devido ao seu tamanho.

Dessa forma, foi adotado o procedimento de molhar frequentemente as peças e cobri-las com um plástico umedecido, com a finalidade de evitar a perda de água por secagem do concreto, conforme a Figura 34.



Figura 34 – Cura úmida das placas de concreto

2.4 Ensaios de caracterização mecânica do concreto aos 28 dias

Após o período de cura, os corpos de prova foram submetidos aos ensaios de caracterização. Dessa forma, foram realizados os ensaios de compressão, tração por compressão diametral e módulo de elasticidade, todos com a utilização de três corpos de prova.

O ensaio de compressão (Figura 35), teve como base a Norma NBR 5739 (2007). A resistência à compressão do concreto foi obtida a partir da equação 9.

$$f_c = \frac{4F}{\pi D^2} \quad (9)$$

Onde

f_c é a resistência a compressão, em MPa

F é a força máxima alcançada, em N

D é o diâmetro do corpo de prova, em mm



Figura 35 – Ensaio de compressão

Para a realização do ensaio do módulo de elasticidade (Figura 36) foi utilizada como base a norma NBR 8522 (2017). Foi utilizado um compressômetro de bases independentes com dois relógios analógicos diametralmente opostos.

O módulo de elasticidade é dado pela equação 10.

$$E_{ci} = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} \times 10^{-3} = \frac{\sigma_b - 0,5}{\varepsilon_b - \varepsilon_a} \times 10^{-3} \quad (10)$$

Onde

σ_b é a tensão em 30% da tensão máxima em MPa - $\sigma_b = 0,3f_c$

0,5 é a tensão básica em MPa

ε_b é a deformação específica média $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$ para uma tensão máxima correspondente a $0,3f_c$

ε_a é a deformação média dos corpos de prova sob a tensão básica (0,5MPa)



Figura 36- Ensaio de módulo de elasticidade

Com base na NBR 7222 (2017), é possível determinar a resistência a tração do corpo de prova (Figura 37) utilizando a seguinte equação:

$$F_{ct,sp} = \frac{2F}{\pi d \ell} \quad (11)$$

Onde

$F_{ct,sp}$ é a resistência à tração por compressão diametral, em MPa

F é a força máxima obtida no ensaio, em N

d é o diâmetro do corpo de prova, em mm

l é o comprimento do corpo de prova, em mm



Figura 37 – Ensaio de tração por compressão diametral

2.5 Execução do material de reparo

Após a finalização dos ensaios de caracterização do material de base, iniciou-se o planeamento e execução do material de reparo.

Ao todo, foram utilizados sete tipos de argamassas de reparo. Quatro industriais e três dosadas no Laboratório.

A utilização das argamassas industriais teve como objetivo verificar diversos aspectos relacionados às suas características executivas e o efeito comparativo em relação a argamassas produzidas no laboratório. Além disso, a utilização da ponte de aderência garantiu uma reflexão sobre a sua utilização em questões relacionadas à execução de reforços no dia-a-dia.

Tabela 7 – Planejamento dos elementos de reparo moldados e idades do ensaio

Argamassa	Ponte de Aderência	Número de Corpos de prova				
		Ensaio de Cisalhamento Oblíquo		Ensaio de Arrancamento (e = 2cm)		Ensaio de Arrancamento (e = 4cm)
		28 dias	120 dias	28 dias	120 dias	28 dias
Sika Grout Tix	Sim	3	3	5	5	-
Zentrifix Tix	Sim	3	3	5	5	5
Sika MonoTop-622	Sim	-	-	5	-	-
	Não	-	3	-	5	-
Zentrifix CR	Sim	3		5		
Argamassa de Laboratório	Sim	3		5		5
Argamassa de Laboratório - 1% Fibra de PVA	Sim	3	-	5	-	5
	Não		3	-	10	-
Argamassa de Laboratório - 2% Fibra de PVA	Sim	3				
	Não	-	-	-	10	-

De acordo com a Tabela 7, é possível verificar quais elementos foram submetidos aos ensaios de cisalhamento oblíquo e arrancamento de pastilhas, verificando a idade de ruptura de cada um deles e a presença ou não de ponte de aderência. Além disso, “e=2cm” significa que a espessura da placa é de 2cm, enquanto que “e=4cm”, significa que a espessura da placa é de 4cm. Além da quantidade de prismas compostos e placas especificadas na tabela 7, foram executados 21 corpos de prova para ensaios de caracterização mecânica de cada uma das argamassas citadas anteriormente.

2.5.1 Preparo da superfície

O primeiro passo foi o tratamento adotado simular a rugosidade, normalmente criada “in loco”, para facilitar a aderência entre o substrato e o material de reparo.

Conforme descrito na revisão bibliográfica, existem diversos meios de melhorar a aderência entre as superfícies. No caso deste trabalho foi adotado o uso de uma Serra Mármore 4 3/8", com 1450 W de potência, da marca Makita, conforme a Figura 38, de modo a criar ranhuras na superfície do concreto de base.



Figura 38 – Modelo de serra mármore utilizada

Esse procedimento foi realizado tanto no prisma composto quanto nas placas de concreto. Desse modo as ranhuras ficaram uma espessura de aproximadamente 5mm e uma profundidade de 3 e 4mm, conforme verificado na Figura 39.



Figura 39– Preparação da superfície

2.5.2 Saturação das Superfícies

No dia da execução das argamassas de reparo, aos 120 dias após a moldagem, os prismas e as placas estavam secos. Assim, todas as peças foram lavadas e imersas novamente na água, por 45 minutos para saturação parcial e superficial das peças antes da aplicação do material de reparo, conforme Figura 40.



Figura 40 - Saturação da superfície (prisma composto)

2.5.3 Preparação e Aplicação da Ponte de Aderência

Durante o processo experimental, foram utilizadas ponte de aderência em 24 peças para o ensaio de cisalhamento oblíquo e em 2,25 placas de concreto (duas placas inteiras e mais um quarto da terceira).

Foi utilizada para a ponte de aderência o Zentrifix KMH da MC Bauchemie, que é um revestimento mineral de proteção anticorrosiva e primário de aderência. É um mono-componente de base cimentícia e para a sua aplicação foram seguidos os seguintes procedimentos, sugeridos pelo fabricante.

Para a mistura, foi utilizado um misturador de baixa rotação (Figura 41), durante cinco minutos. A água foi adicionada aos poucos, sob agitação constante sendo misturada até o produto ficar homogêneo, sem grumos, com uma consistência fácil de espalhar.



Figura 41 - Misturador para a ponte de aderência

Na proporção da mistura foi adotado 3,8 litros de água para um saco de 20 kg, seguindo a recomendação do fabricante (Figura 42). Como o período de aplicação é curto e depende da argamassa estar pronta, foram utilizadas porções de 1kg, utilizando 0,19 litros de água.



Figura 42- Consistência da ponte de aderência

A aplicação do material foi realizada com uma trincha de pelo curto, na superfície umedecida das amostras, conforme Figura 43.



a)

b)

Figura 43 – a) Aplicação da ponte de aderência no prisma composto; b) Ponte de aderência aplicada na placa de concreto

Ainda segundo o fabricante, é recomendável aplicar duas demãos do material num intervalo de 3h, sendo que o material de reparo deverá ser aplicado logo em seguida à segunda demão. É importante ressaltar que para garantir uma boa aderência, o fabricante recomenda o contato entre os materiais de “fresco no fresco”, ou seja, as duas superfícies devem estar úmidas para garantir a efetividade da ponte de aderência, caso a ponte esteja seca antes da aplicação da argamassa, deve ser aplicada mais uma demão.

O controle do fator tempo entre as demãos foi uma das tarefas mais trabalhosas durante o procedimento experimental, tendo em vista a utilização de diferentes tipos de argamassas de reparo.

Se levar para o ponto de vista de execução desse material em um canteiro de obras, a tarefa será ainda mais árdua, em função da quantidade, das condições e prazo para execução que são mais complexas que em um local controlado como o laboratório.

2.5.4 Preparação e característica das Argamassas de Reparo

Para o preparo das argamassas industriais, foram seguidos os procedimentos exigidos pelo fabricante, desde a quantidade de água a ser utilizada em cada caso até o tempo de execução de cada material.

2.5.4.1 Argamassa Industrial Sika Grout Tix

A Argamassa Sika Grout Tix é um material com propriedades tixotrópicas, monocomponente, recomendada para utilização em reparos estruturais. Sua composição química é a base de cimento Portland, areia de quartzo e aditivos especiais (dados do fabricante).

Após a adição da água, a duração para aplicação do material é de 30 minutos. Foi utilizada uma argamassadeira de eixo vertical com capacidade de 20 litros, conforme a Figura 44. Em função do volume da argamassadeira, foram separados 12,5 kg do saco do material e 1,5 litros de água, de acordo com a proporção da mistura segundo o fabricante, o qual considera três litros de água para um saco de 25 kg.

Inicialmente foram adicionados dois terços da quantidade de água na argamassadeira seguidos de 12,5 kg do material em pó. Após dois minutos, foi adicionado o restante da água e a mistura prosseguiu por mais três minutos até o momento em que o material apresentou um aspecto homogêneo e uniforme.



Figura 44 – Argamassadeira utilizada na preparação das argamassas de reparo

Segundo o fabricante, a resistência à compressão do material, é a apresentada na Tabela 8.

Tabela 8 – Resistência a compressão da argamassa Industrial Sika Grout Tix segundo a ASTM C 349 (2002).

Tempo	24 Horas	3 Dias	7 Dias	28 Dias
Resistência à compressão	15 MPa	20MPa	30 MPa	40 MPa

2.5.4.2 Argamassa Industrial Zentrifix Tix

A Argamassa Industrial Zentrifix Tix é um material com propriedades tixotrópicas, monocomponente, recomendada para utilização em reparos estruturais. Sua composição química não foi encontrada nos dados do fabricante, porém foi possível verificar que a argamassa possui base cimentícia e é modificada com polímeros.

A duração para aplicação do material é de 30 minutos, após a adição de água. Foi utilizada uma argamassadeira de eixo vertical com capacidade de 20 litros. Em função do volume da argamassadeira, foram separados 12,5 kg do saco do material e 1,625 litros de água, de acordo com a proporção da mistura segundo o fabricante, o qual considera 3,25 litros de água para um saco de 25 kg.

O fabricante não especifica o procedimento de utilização no misturador, dessa forma, foi realizado o mesmo procedimento adotado nas argamassas anteriores, ou seja, inicialmente foram adicionados dois terços da quantidade de água na argamassadeira seguidos de 12,5 kg do material em pó. Após dois minutos, foi adicionado o restante da água e a mistura prosseguiu por mais três minutos até o momento em que o material apresentou um aspecto homogêneo e uniforme.

Segundo o fabricante, a resistência à compressão do material é a apresentada na Tabela 9.

Tabela 9 – Resistência a compressão Argamassa Industrial Zentrifix Tix

Tempo	24 Horas	3 Dias	7 Dias	28 Dias
Resistência à compressão	15 MPa	-	25 MPa	30 MPa

2.5.4.3 Argamassa Industrial Sika MonoTop-622

A Argamassa Industrial Sika MonoTop-622, é um material com propriedades tixotrópicas, monocomponente, cimentícia polimérica, com fibras sintéticas. recomendada para utilização em reparos estruturais. Sua composição química é a base de cimento Portland, areia de quartzo, fibras sintéticas e resina sintética.

A duração para aplicação do material é de 40 a 60 minutos, após a adição de água. Foi utilizada uma argamassadeira de eixo vertical com capacidade de 20 litros. Em função do tamanho da argamassadeira, foram separados 12,5 kg do saco do material e 1,5 litros de água, de acordo com a proporção da mistura segundo o fabricante, o qual considera 3,0 litros de água para um saco de 25 kg.

Inicialmente foram adicionados dois terços da quantidade de água na argamassadeira seguidos de 12,5 kg do material em pó. Após dois minutos, foi adicionado o restante da água e a mistura prosseguiu por mais três minutos até o momento em que o material apresentou um aspecto homogêneo e uniforme.

O material possui fibras sintéticas, dessa forma, foi aconselhado a utilização de luvas de PVC ou a colher de pedreiro. A resistência à compressão do material em relação aos dias, de acordo com o fabricante, pode ser verificada na Tabela 10.

Tabela 10 – Resistência a compressão Argamassa Industrial Sika MonoTop-622

Tempo	24 Horas	3 Dias	7 Dias	28 Dias
Resistência à compressão	17 MPa	22 MPa	28 MPa	43 MPa

2.5.4.4 Argamassa Industrial Zentrifix CR

A Argamassa Industrial Zentrifix CR, é um material com propriedades tixotrópicas, monocomponente, cimentícia, polimérica, com fibras sintéticas, além de aditivos especiais, sendo recomendada para utilização em reparos estruturais. Sua composição química é a base de cimento Portland, areia de quartzo, fibras sintéticas e resina sintética.

A duração para aplicação do material é de 30 minutos, após a adição de água. Foi utilizada uma argamassadeira de eixo vertical com capacidade de 20 litros. Em função do tamanho da argamassadeira, foram separados 12,5 kg do saco do material

e 1,625 litros de água, de acordo com a proporção da mistura segundo o fabricante, o qual considera 3,25 litros de água para um saco de 25 kg.

Inicialmente foram adicionados dois terços da quantidade de água na argamassadeira seguidos de 12,5 kg do material em pó. Após dois minutos, foi adicionado o restante da água e a mistura prosseguiu por mais três minutos até o momento em que o material apresentou um aspecto homogêneo e uniforme.

O material possui fibras sintéticas, dessa forma, foi aconselhado a utilização de luvas de PVC ou a colher de pedreiro. A resistência à compressão do material em relação aos dias, de acordo com o fabricante, pode ser verificada na Tabela 11.

Tabela 11 – Resistência a compressão Argamassa Industrial Zentrifix CR

Tempo	24 Horas	3 Dias	7 Dias	28 Dias
Resistência à compressão	35 MPa	45 MPa	55 MPa	70 MPa

2.5.4.5 Argamassa cimentícia reforçadas com fibras

A Argamassa de Laboratório utilizada foi introduzida no trabalho com o efeito comparativo com as argamassas industriais, tendo em vista o elevado custo que o produto industrial tem, principalmente em casos nos quais exija uma quantidade grande de materiais de reparo, como por exemplo, recuperação de lajes.

Foram executadas três argamassas com o mesmo traço, a única diferença entre as amostras foi a quantidade de fibras de PVA. O primeiro material não teve o acréscimo de fibras, já no segundo foi acrescentado 1% de fibras de PVA e no terceiro 2 % de fibras de PVA. Na fabricação das argamassas foram utilizados os seguintes materiais:

Cimento

O cimento escolhido foi o CP II E 32 do fabricante Holcim. A característica principal desse cimento Portland é a presença de escória de alto forno.

Cinza Volante

A cinza volante utilizada foi fornecida pela Pozo Fly e coletada em uma usina termoelétrica do sul do Brasil. De acordo com a norma NBR 12653 (2014) e as características da cinza pela NBR 16605 (2017), ela pode ser classificada como

Classe C. Esse material possui massa específica de $2,26 \text{ g/cm}^3$ e índice de finura de 35,91%. De acordo com a Figura 45, a cinza volante utilizada pode ser vista com uma ampliação de 800 vezes.

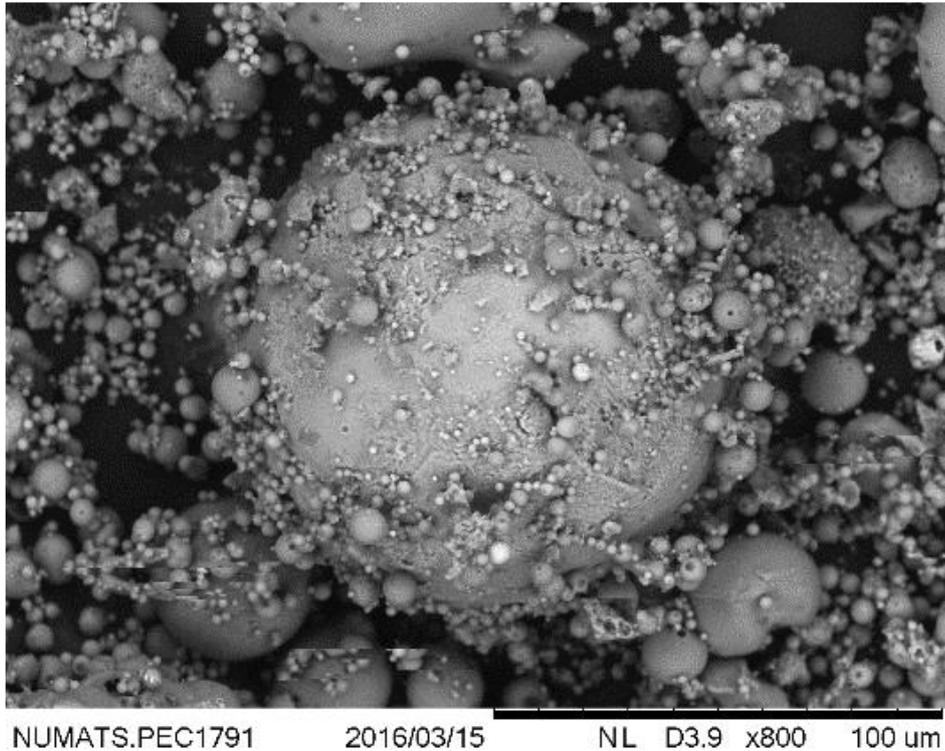


Figura 45 – Cinza Volante ampliada 800 vezes (LUSTOSA ET AL, 2019)

Areia

A areia utilizada para a produção da argamassa de laboratório foi a mesma utilizada na fabricação do concreto (material de base), porém, o material foi peneirado na peneira de $600 \mu\text{m}$, sendo utilizado somente o material passante.

Fibras

As Fibras utilizadas na argamassa de laboratório foi a fibra de PVA (polyvinyl alcohol) RECS 15 de 8mm de comprimento fabricada pela Kuraray, no Japão, com as propriedades listadas na tabela 12 e aplicadas conforme a Figura 46.

Tabela 12 – Propriedades das Fibras de PVA (Dados do fabricante, Kuraray)

Propriedades	Valores
Comprimento (mm)	8
Diâmetro (mm)	0,040
Resistência à Tração (MPa)	1600
Módulo de Elasticidade (GPa)	40,0
Alongamento (%)	7,00
Massa Específica (g/cm ³)	1,30



Figura 46 – Aplicação das fibras de PVA na matriz de cimento

Água

A água utilizada veio das instalações hidráulicas do laboratório, fornecida pela rede pública de abastecimento da cidade do Rio de Janeiro.

Traço das Argamassas

Conforme descrito anteriormente, o traço da argamassa de laboratório possui uma matriz de base cimentícia composta por cimento, cinza volante, areia fina e água.

Além da matriz, foram fabricadas mais duas misturas com adição de fibras de PVA, a primeira com 1% de fibras e a segunda com 2%. Em função do volume de fibras da amostra com 2%, foi necessário a utilização de um superplastificante, para garantir a boa trabalhabilidade do material. As quantidades de material são dadas na Tabela 13.

Tabela 13 – Quantidades dos materiais utilizados nas misturas da argamassa

Material	Argamassa de Laboratório	Compósito com 1% de Fibras	Compósito com 2% de Fibras
Cimento (kg/m ³)	505	505	505
Cinza Volante (kg/m ³)	606	606	606
Areia (kg/m ³)	404	404	404
Fibra PVA (8mm) (kg/m ³)	-	13	26
Superplastificante ¹ (%)	-	-	0,1
Água (kg/m ³)	404	404	404

¹Em relação a massa de material cimentício (cimento + cinza volante)

Preparo das Argamassas de Laboratório

Para a preparação das argamassas de laboratório, foi realizada inicialmente uma mistura do cimento, areia e cinza volante pelo período de 3 minutos. Após esse processo foi adicionado a água e misturado na argamassadeira durante mais 2 minutos.

No caso em que foram incluídas as fibras de PVA, a adição das fibras foi realizada de forma lenta, com o intuito de evitar a formação de grumos na mistura que podem criar um material não homogêneo em algumas partes da argamassa. Após a inclusão das fibras, a mistura foi misturada por mais 3 minutos para garantir uma distribuição totalmente homogênea das fibras na mistura.

Já no caso da adição de fibras de 2%, o superplastificante foi incluído em conjunto com a água na mistura, antes da colocação das fibras, tendo como objetivo garantir a boa trabalhabilidade e homogeneidade da mistura.

2.5.5 Análises realizadas com as amostras no estado fresco

Após a mistura do material apresentar um aspecto uniforme e homogêneo, foram realizados alguns ensaios para a determinação do espalhamento da argamassa e sua massa específica.

O espalhamento, também conhecido como índice de consistência da argamassa, foi obtida com base na NBR 13276 (2016). Foi utilizado uma mesa para índice de consistência, molde tronco cônico, soquete metálico e régua de alta precisão, todos conforme a NBR 7215 (2019).

Para a determinação da consistência, a mesa e o tronco cônico foram previamente limpos e umedecidos. O molde foi centralizado na mesa e enchido até um terço de sua altura, seguidos de 15 golpes com o soquete metálico, posteriormente, foi preenchido mais um terço da altura do molde e aplicados 10 golpes com o soquete. O restante do molde foi preenchido e aplicado mais 5 golpes.



Figura 47 –a) Mesa para índice de consistência; b) Argamassa ao final do ensaio

Foi realizado o rasamento da argamassa com a régua metálica para nivelar o molde, conforme a Figura 47a. O ensaio foi realizado de forma manual girando a manivela da mesa por 30 vezes durante 30 segundos.

Imediatamente após o último giro, foram realizadas três medições do diâmetro do material, conforme a Figura 47b. Após o registro das medidas, foi realizada a média aritmética das três medições.



Figura 48 – Ensaio da Massa específica - Argamassa Industrial Zentrifix CR

Além da medição do índice de consistência, foi realizado ensaio de massa específica nos materiais. Para a realização do ensaio foi utilizando um recipiente metálico de 400 ml, conforme Figura 48.

Para determinação da massa específica, foi utilizada a fórmula 12,

$$\rho_{ap} = \frac{M}{V} \times 1000 \quad (12)$$

Onde,

ρ_{ap} é a massa específica aparente do concreto, em kg/m³;

M é a massa de concreto, em kg;

V é o volume do recipiente, em dm³

Tabela 14 – Resultados dos índices de consistência das argamassas e massa específica

Tipo de Argamassa	Índices de consistência (cm)	Desvio Padrão (cm)	Massa Específica (kg/m ³)
Argamassa Sika Grout Tix	19,3	0,26	2268,5
Argamassa Zentrifix Tix	26,8	0,75	2162,5
Argamassa Sika MonoTop-622	16,5	0,25	2185,25
Argamassa Zentrifix CR	18,5	0,50	2181
Argamassa de Laboratório	34,0	0,50	1880,5
Argamassa de Laboratório com 1% Fibra de PVA	32,8	0,58	1868,75
Argamassa de Laboratório com 2% Fibra de PVA	34,3	0,76	1872,75

Com análise da Tabela 14, é possível detectar que as argamassas industriais Sika MonoTop-622 e Zentrifix CR possuem os menores valores de espalhamento, devido a sua composição ser diferente com a presença de polímeros e adição de fibras. Já as três argamassas de laboratório apresentaram espalhamentos semelhantes entre si e maiores que as argamassas industriais o que demonstra um comportamento mais fluido por parte das argamassas de laboratório.

2.5.6 Moldagem das argamassas de reparo

Foi preenchido um total de 30 prismas compostos, 4 placas para o ensaio de arrancamento e 147 corpos de prova para a ensaios de caracterização mecânica das argamassas.

Para os prismas, foi utilizada a mesma forma de madeira com a parte de concreto, sendo retirada a peça intermediária e acrescentado um isopor de 2cm para garantir o tamanho do prisma final, conforme o esquema na Figura 49 e 50.

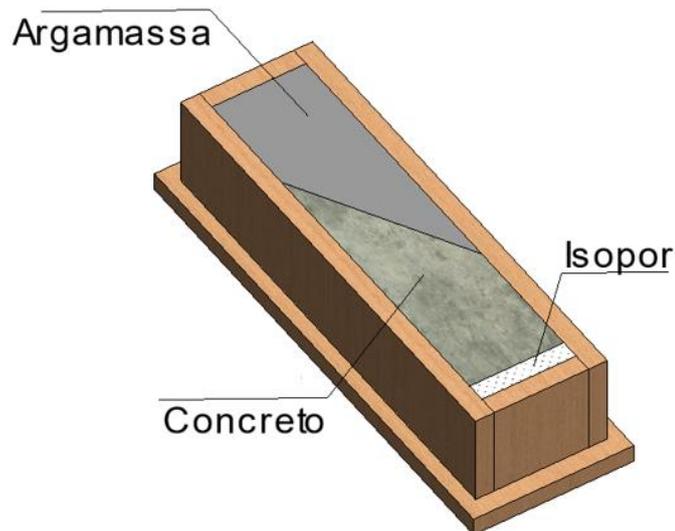


Figura 49 – Argamassa preenchida da forma do prisma composto

Vale ressaltar que nos casos em que foi utilizada a ponte de aderência, a peça de concreto foi colocada imediatamente após a última demão da ponte e a forma foi preenchida com argamassa logo depois da colocação da peça. Além disso, foi aplicado óleo desmoldante na região de madeira livre, tomando muito cuidado para não encostar na superfície de aderência.



Figura 50 – Formas preenchidas com argamassa

Para as placas de concreto, foi utilizada a mesma forma metálica, porém com o acréscimo de um isopor interno de 3 cm, tendo em vista que a placa de concreto ficou com 5 cm, deixando uma sobra de 2 cm para o preenchimento da argamassa. Além disso, foram incluídas ripas de madeira para dividir a placa e criar as faixas de cada tipo de argamassa, conforme a Figura 51.



Figura 51- Forma metálica preenchida com argamassa

Da mesma forma que o prisma, a peça foi umedecida previamente com controle para não ocorrer acúmulo de água na peça. Além disso, para os casos que foram utilizadas ponte de aderência, a peça de concreto foi preenchida com argamassa imediatamente após a última demão da ponte, de acordo com a Figura 52.



Figura 52 – Ponte de Aderência na Placa

Para os ensaios de caracterização mecânica, em função do número de corpos de prova necessário, além das tradicionais formas cilíndricas metálicas, foram utilizadas formas produzidas de PVC tendo uma base de papelão rígido. O tubo de PVC possuía 50 mm de diâmetro e foi cortado com 100 mm de altura de modo a manter o padrão da norma NBR 7215 (2019). Além disso foi feito um corte no meio para facilitar a desforma do material, sem a necessidade de danificar o PVC nem o corpo de prova, conforme a Figura 53.

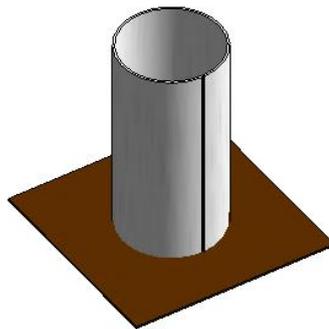


Figura 53 - Forma dos corpos de prova para ensaio de caracterização

O papelão foi cortado com o tamanho de 10x10cm para ser a base do corpo de prova. Para unir ambos os materiais, foi utilizada uma fita adesiva, tendo a função não só de unificar as peças, mas também para vedar o corte feito no PVC. Antes do preenchimento da argamassa, foi utilizado óleo desmoldante com base mineral e baixa viscosidade.

Para o preenchimento dos moldes (Figura 54), foi respeitada a indicação da NBR 7215 (1996), ou seja, foram preenchidos em quatro camadas, sendo aplicados 30 golpes com o soquete metálico em cada camada.



Figura 54 - Moldes dos corpos de prova após preenchimento da argamassa

2.5.7 Desforma e cura dos materiais

A desforma dos corpos de provas foi realizada após 24 horas da concretagem. A utilização do óleo desmoldante, foi fundamental para garantir a integridade das peças.

Após a desforma (Figura 55), as peças foram submetidas a cura úmida por 28 dias e 120 dias, de acordo com a necessidade do experimento proposto.

Tanto o prisma composto quanto os corpos de prova, couberam nas câmaras da sala úmida na qual ficaram totalmente submersos na água, porém não foi possível colocar as placas de concreto dentro das câmaras, devido ao tamanho.

Dessa forma, foi adotado o procedimento de molhar frequentemente as peças e cobri-las com um plástico umedecido, com a finalidade de evitar a secagem do corpo de prova.



Figura 55 – Corpos de prova após a desforma

2.6 Ensaio de caracterização das argamassas de reparo

No estado endurecido, foram realizados diversos ensaios para verificar as características dos materiais de reparo que foram utilizados, com o objetivo de comparar com os resultados dos fabricantes, além de auxiliar na interpretação dos resultados encontrados nos experimentos.

Os corpos de prova foram submetidos aos ensaios de caracterização física e mecânica, para avaliar seu comportamento.

Dessa forma, foram realizados os ensaios de compressão, tração por compressão diametral, módulo de elasticidade e massa específica com a utilização de três corpos de prova por mistura.

O ensaio de resistência à compressão teve como base a norma NBR 5739 (2007). Após a ruptura dos corpos de prova, os resultados foram obtidos a partir da equação 13.

$$f_c = \frac{4F}{\pi D^2} \quad (13)$$

Onde

f_c é a resistência a compressão, em MPa

F é a força máxima alcançada, em N

D é o diâmetro do corpo de prova, em mm

Para a realização do ensaio para obtenção do módulo de elasticidade (Figura 56) foi utilizada como base a norma NBR 8522 (2017). Foi utilizado um compressômetro de bases independentes com dois relógios analógicos diametralmente opostos.



Figura 56- Ensaio do módulo de elasticidade das argamassas de reparo

Com base na NBR 7222 (2017), é possível encontrar a resistência a tração do corpo de prova.



Figura 57 – Ensaio de tração por compressão diametral das argamassas de reparo.

Além dos ensaios anteriores, procedeu-se a determinação da densidade de massa aparente das argamassas no estado endurecido, de acordo com a NBR 13280 (2005).

Após 28 dias os corpos de prova foram retirados da água, pesados e colocados na estufa, a uma temperatura de 110°C pelo período de 24 horas.

Os corpos de prova foram pesados com uma balança com resolução de 0,1 g.

Para determinação da massa específica aparente, foi utilizada a NBR 13280 (2005).

2.7 Ensaios de Aderência

Após a caracterização dos materiais foram realizados dois tipos de ensaios para avaliar a aderência dos materiais estudados: o ensaio de cisalhamento oblíquo e o ensaio de arrancamento.

2.7.1 Ensaios de cisalhamento oblíquo

O ensaio foi realizado quando as argamassas de reparo possuíam idades de 28 e 120 dias. Foi utilizada uma prensa hidráulica da marca Losenhausenwerk – LOS com capacidade de 300 tf para realizar os ensaios, conforme a Figura 58. Antes da realização dos testes, todos os prismas foram medidos para determinar a área da seção.



Figura 58 – Prensa utilizada no ensaio do prisma composto

A obtenção das tensões normal e de cisalhamento, é dada, respectivamente, pelas equações 14 e 15.

$$\sigma = \sigma_0 \cos^2 \theta \quad (14)$$

$$\tau = \sigma_0 \cos \theta \sin \theta \quad (15)$$

Onde,

σ_0 é a tensão normal (MPa)

σ é a tensão normal na junta (MPa)

τ é a tensão de cisalhamento na junta (MPa)

θ é o ângulo formado entre o plano inclinado do prisma com a seção transversal

Com base na norma BS EN 12615 (1999), foi aplicada a equação 16 para o cálculo da resistência de aderência (f_b):

$$f_b = \frac{F\sqrt{3}}{4A} \quad (16)$$

Onde

f_b é a resistência de aderência, em MPa

F é a força máxima alcançada, em N

A é a área média do corpo de prova, em mm²

A resistência ao cisalhamento, obtida pela norma BS EN 12615 (1999), tem essa formulação pois a norma considera uma inclinação de 60°. Dessa forma, é possível verificar que f_b e τ são os mesmos valores conforme representado pela equação 17.

$$\tau = \sigma_0 \cos \theta \sin \theta =$$

$$\tau = \sigma_0 \cos 60^\circ \sin 60^\circ$$

$$\tau = \frac{F}{A} \times \frac{1}{2} \times \frac{\sqrt{3}}{2} \quad (17)$$

$$\tau = f_b = \frac{F\sqrt{3}}{4A}$$

2.7.1.1 Nivelamento dos corpos de prova

Para garantir melhor distribuição dos esforços aplicados pela prensa foi realizado um capeamento dos prismas utilizando um cimento CPV de alta resistência inicial, conforme a Figura 59.



Figura 59 – Capeamento dos prismas

A utilização de um jornal umedecido antes de aplicar a base de cimento evita que o cimento grude na bancada, garantindo uma boa “desforma” do prisma e facilitando a limpeza do laboratório.

2.7.2 Ensaios de arrancamento

2.7.2.1 Carotagens

Para realizar o ensaio de arrancamento foram executadas semicarotagens nas placas (Ver figuras 60 e 61), com base na norma EN 1542 (1999).

Foi utilizado um equipamento de extração de corpos de prova, que perfurou 3 cm (nas argamassas de reparo com 2cm) e 5 cm (nas argamassas de reparo com 4cm), transpassando o material de base em 1 cm, conforme as Figuras 62 e 63. O espaçamento entre as carotagens foi de 10cm entre o centro do corpo de prova.

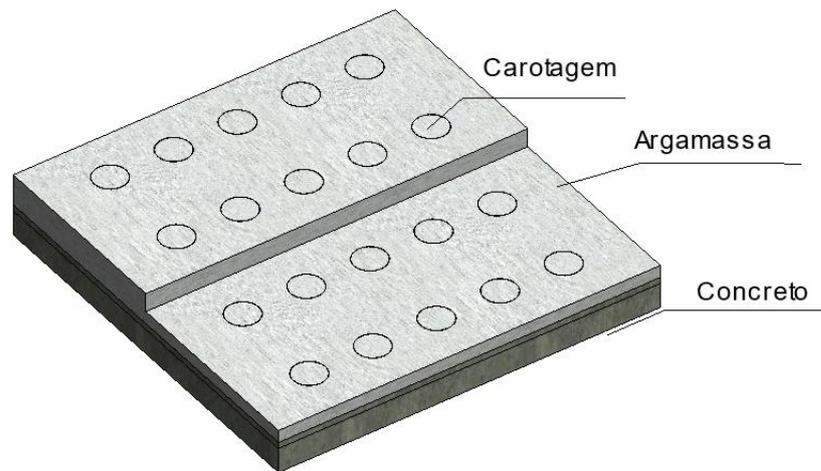


Figura 60– Modelo da Placa com Argamassa de 4cm



Figura 61 – Carotagem das Placas

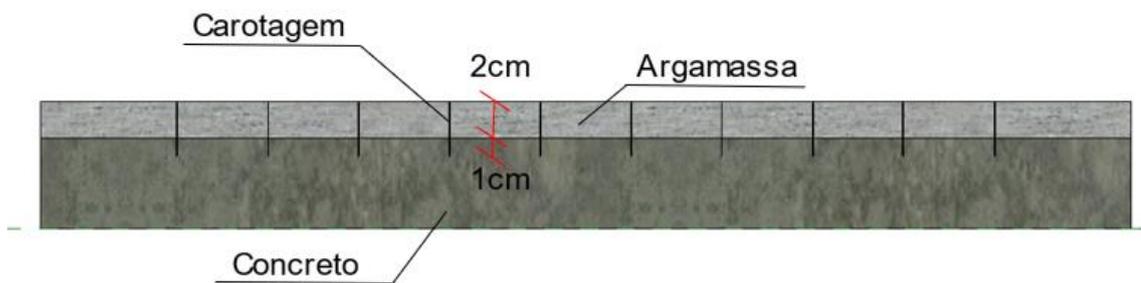


Figura 62– Profundidade da carotagem da Placa com Argamassa de 2cm

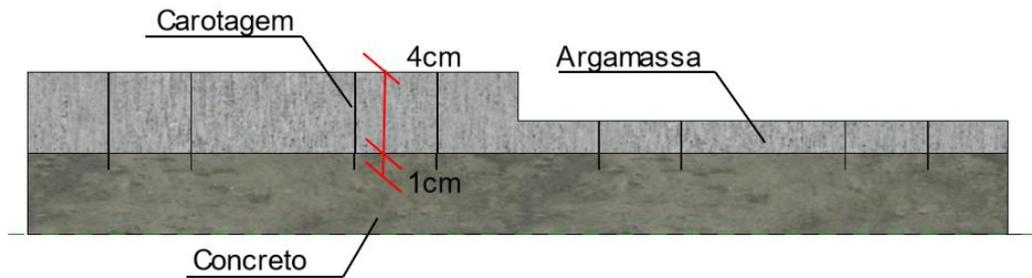


Figura 63– Profundidade da carotagem da Placa com Argamassa de 2cm

Tendo em vista a impossibilidade de fixação da placa durante a carotagem, e devido ao fato do maquinário de extração ser muito pesado e possuir um alto índice de vibração, o operador precisou ter muita cautela e controle durante o processo. Foi verificado que somente 5 peças foram perdidas durante a carotagem, o que não gerou problemas, tendo em 78 corpos de prova, uma perda de 6,4%.



Figura 64 – Placas após a carotagem

2.7.2.2 Colagem das Pastilhas

Em função das placas terem sido molhadas durante o processo de semi-carotagem, foi necessário aguardar 5 dias para a colagem das pastilhas, com o intuito de garantir que as peças estivessem devidamente secas para não afetar o desempenho do ensaio.

Para a colagem das pastilhas de alumínio com 4,8cm de diâmetro foi utilizado araldite profissional, com 90 minutos de secagem inicial e 24 horas de secagem total.

Foi considerada a utilização desse material pelo fato da boa trabalhabilidade durante 90 minutos o que garante tempo suficiente para a colagem de todas as pastilhas. Além disso, após o ensaio, o material consegue sair facilmente por inteiro da pastilha de alumínio, facilitando assim sua limpeza.

Antes da colagem, as placas foram limpas, garantindo que nenhuma impureza entrasse em contato com a cola. Foi realizada uma demão superficial na placa e uma demão na pastilha, com a finalidade de garantir uma ligação rígida suficiente para a realização do ensaio.



Figura 65 – Pastilhas Coladas nas placas



Figura 66 – Equipamento utilizado para o ensaio de arrancamento

Conforme observado na figura 65, a pastilha apresenta na parte superior um furo para a instalação de um pino. Após o posicionamento do aparelho, o pino é preso ao equipamento (Figura 66). É importante verificar o nível do aparelho em relação à placa para garantir um arrancamento axial perfeito (Figura 67).



Figura 67 – Nivelamento do equipamento

Foi utilizado o equipamento manual Dyna pull off tester Z16 do fabricante Proceq.

Após o posicionamento e nivelamento do equipamento (Figura 67), a manivela era girada, aplicando o carregamento de tração na peça, sendo importante manter a mesma velocidade, mesmo com a resistência gerada pela placa. Após alguns giros, a pastilha é rompida (Figura 68) e o aparelho marca a última carga em kN.



Figura 68 – Pastilhas rompidas após o ensaio

Após os ensaios as pastilhas foram limpas para garantir sua utilização futura.

2.7.3 Ensaio com a utilização dos Extensômetros

Durante os ensaios de cisalhamento oblíquo e caracterização dos materiais, alguns corpos de prova receberam extensômetros para auxiliar na interpretação dos resultados e principalmente buscar a obtenção de outras propriedades como o módulo de elasticidade transversal.

Para o prisma composto, foi utilizado o modelo PA 06 1500BA 120L. Foram colocados quatros extensômetros em um prisma de cada argamassa, totalizando seis prismas e conseqüentemente 24 extensômetros, conforme a Figura 69.



Figura 69 - Extensômetro no prisma composto

2.7.3.1 Procedimentos para a fixação dos Extensômetros

Para a instalação dos extensômetros foi necessário seguir o seguinte roteiro para garantir a boa fixação, além de evitar possíveis perdas em função da fragilidade do material.

Inicialmente era realizado um tratamento na superfície de aplicação, utilizando uma lixa. Após o procedimento, foi utilizada acetona industrial com auxílio de algodão e cotonetes, para garantir uma boa limpeza na superfície.

Para a colagem do extensômetro foi utilizada cola loctife 401 (Figura 70). Esse produto é recomendável para colagens em peças de concreto, em função da porosidade do material.



Figura 70 – Materiais utilizados para colagem do extensômetro

Após a colagem, pressionava-se levemente o extensômetro para garantir a fixação. Para esse procedimento foi utilizado o próprio envelope de plástico presente em cada peça.

Foi aguardado o período de 24 horas para garantir a colagem das peças e iniciou-se a soldagem dos fios que seriam afixados no equipamento de medição.

Para a soldagem, foi utilizado um ferro de solda e estanho para melhorar a condução dos fios e facilitar sua homogeneização.

2.7.3.2 Avaliação experimental da tensão cisalhante na interface

Nos prismas de cisalhamento oblíquo (Figura 71), os extensômetros foram conectados no dispositivo de aquisição de dados, Lok-view, que acoplado a um computador fornece os resultados de leitura. Durante o processo experimental, a carga foi sendo aplicada de 5 em 5 kN, para garantir uma quantidade razoável de pontos.



Figura 71 – Prisma composto com extensômetro

A cada acréscimo de carga, o tempo era lido e os resultados das deformações eram armazenados em formato .txt emitido no relatório final pelo programa (Figura 72).



Figura 72 – Maquinário utilizado para leitura dos extensômetros

3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

O presente capítulo apresenta os resultados obtidos durante os ensaios experimentais. Inicialmente serão abordados os valores encontrados nos ensaios de caracterização, depois os ensaios de cisalhamento oblíquo e uma avaliação experimental da tensão cisalhante na interface e por último, os resultados dos ensaios de arrancamento.

Em cada tópico relacionado ao seu ensaio retratado, serão realizadas comparações entre os materiais além de verificações junto a parâmetros normalizados e a literatura científica.

3.1 Caracterização do concreto e das argamassas de reparo

Neste item apresentam-se os resultados dos ensaios de caracterização das sete argamassas analisadas e do concreto que serviu como o material de base para o processo experimental.

Cabe ressaltar que os ensaios realizados com os materiais ainda frescos, foram todos representados no capítulo referente aos procedimentos realizados no laboratório.

Tabela 15 – Resultados dos ensaios de caracterização do concreto e argamassa de reparo aos 28 dias

	ρ (kg/m ³)	DP	f_c (MPa)	f_c (MPa) Fab.	DP	E (GPa)	DP	f_{td} (MPa)	DP
Concreto	-	-	37,77	-	1,29	32,61	1,56	3,37	0,28
Zentrifix CR	2110,19	42,20	70,04	70,00	6,23	35,62	5,67	5,97	0,48
Zentrifix TIX	2100,92	11,66	45,62	30,00	8,17	32,35	1,42	4,06	0,42
SikaTix	2137,75	46,67	51,55	40,00	5,12	29,77	3,27	4,49	0,39
Sika 622	2140,43	96,97	34,15	43,00	0,40	25,67	2,95	2,77	0,78
Argamassa	1715,77	35,72	39,49	-	3,57	19,25	1,39	3,00	0,33
Compósito 8mm 1%	1639,50	26,44	36,33	-	2,65	18,51	2,23	3,19	0,23
Compósito 8mm 2%	1544,30	25,68	33,31	-	1,87	18,18	1,25	3,51	0,18

Os valores médios e respectivos desvios padrão (DP) obtidos dos ensaios de massa específica no estado endurecido (ρ), resistência à compressão (f_c), módulo de elasticidade (E) e resistência à tração por compressão diametral (f_{td}) do concreto e das diferentes argamassas de reparo aos 28 e 120 dias são apresentados nas Tabelas 15 e 16, respectivamente.

Durante os ensaios de caracterização das argamassas industriais e dos compósitos, foi possível observar as semelhanças e diferenças de cada material estudado. Percebe-se que as argamassas Zentrifix CR e a Sika TIX obtiveram os maiores módulos e resistência à compressão.

Em relação a comparação entre os resultados obtidos com a especificação de resistência divulgada pelo fabricante, é possível verificar que as argamassas Zentrifix CR, Zentrifix Tix e Sika TIX obtiveram resistências próximas ou superiores da especificação do fabricante. Em relação ao Sika 622, o resultado foi abaixo do esperado, porém se for comparado com o resultado obtido aos 120 dias, a resistência encontrada foi bem superior ao especificado pelo fabricante.

Tabela 16 – Resultados dos ensaios de caracterização do concreto e argamassa de reparo aos 120 dias

	f_c (MPa)	DP	f_{td} (MPa)	DP
Concreto	46,57	1,13	3,90	0,18
Zentrifix CR	71,40	6,38	6,60	0,72
Zentrifix TIX	42,04	0,67	3,82	0,86
SikaTix	62,35	2,87	4,52	0,12
Sika622	42,30	3,51	2,35	0,17
Argamassa	45,85	8,09	3,59	0,36
Compósito 8mm 1%	44,91	3,91	3,02	0,08
Compósito 8mm 2%	40,88	6,40	4,60	0,13

Conforme é possível verificar com a análise das Tabelas 15 e 16, em relação aos ensaios de compressão, as argamassas industriais Zentrifix CR, Sika 622 e Sika Tix tiveram um desempenho esperado com o aumento da resistência à compressão

ao longo de 120 dias, enquanto que da Zentrifix TIX, os valores obtidos foram um pouco inferiores, aos ensaios de 28 dias. Em relação aos compósitos cimentícios fabricados no laboratório, as três argamassas analisadas tiveram resistência à compressão aos 120 dias superiores aos corpos de prova ensaiados aos 28 dias.

Em relação aos ensaios de resistência à tração por compressão diametral das argamassas industriais, a argamassa Zentrifix CR teve a resistência à tração aumentada aos 120 dias. O restante das argamassas industriais Zentrifix TIX, Sika Tix e Sika 622, apresentaram resistência próximas aos resultados aos 28 dias. Em relação aos compósitos cimentícios fabricados no laboratório, as argamassas sem fibras e com 2% de fibras analisadas tiveram resistência à tração superiores aos corpos de prova ensaiados aos 28 dias e o compósito com 1% de fibras apresentou resultado similar quando comparados com os ensaios realizados aos 28 dias.

As argamassas Sika Tix, Zentrifix CR, argamassa sem fibras e com 2% de fibras apresentaram resistência aos 120 dias maiores que aos 28 dias. As argamassas Sika 622, Zentrifix Tix e argamassa com 1% de fibra apresentaram resistência aos 120 dias semelhante à resistência aos 28 dias.

3.2 Resultados do ensaio de cisalhamento oblíquo

Para a verificação da aderência a partir dos ensaios de cisalhamento oblíquo, foram executados prismas para avaliar diferentes situações. Foram realizados ensaios com a inclusão da ponte de aderência para avaliar qual influência o produto gera na ligação.

Outro fator de importante análise foi referente à idade do material de reparo, dessa forma, foram realizados ensaios em algumas argamassas com 28 dias e 120 dias.

Com as cargas de ruptura obtidas nos ensaios e a geometria da peça verificada antes dos ensaios, foi possível determinar a tensão de compressão axial do corpo de prova (σ_0), a tensão normal (σ) e resistência de aderência (f_b) na região da ligação. Essa resistência ao cisalhamento é também conhecida como resistência de aderência (f_b), conforme a Tabela 17 e a Tabela 18, sendo a primeira com prismas ensaiados aos 28 dias e a segunda representando os prismas ensaiados aos 120 dias.

Tabela 17 – Resumo dos resultados experimentais das argamassas com ponte de aderência aos 28 dias

Tipos de Argamassas e Compósitos	σ_0 (MPa)	DP	σ (MPa)	DP	f_b (MPa)	DP
Zentrifix Tix (Com ponte)	36,01	3,17	9,18	0,81	15,90	1,40
Sika Tix (Com Ponte)	21,93	2,52	5,59	0,64	9,68	1,11
Zentrifix CR (com ponte)	35,31	0,79	9,00	0,20	15,59	0,35
Argamassa de Laboratório (Com ponte)	17,16	1,97	4,37	0,50	7,58	0,87
Compósito com 1% de fibras (Com ponte)	25,66	0,87	6,54	0,22	11,33	0,38
Compósito com 2% de fibras (Com ponte)	17,80	1,43	4,54	0,36	7,86	0,63

σ_0 = tensão normal no prisma composto

σ = tensão normal na ligação

f_b = resistência de aderência ao corte

Conforme observado na Tabela 17, é possível verificar que as argamassas industriais Zentrifix Tix e Zentrifix CR, da mesma marca da ponte de aderência, apresentaram resultados maiores que o restante. Além disso, é possível notar também que ao se utilizar o compósito com 1 % de fibras de PVA, o desempenho foi melhorado em comparação à argamassa sem fibras.

Cabe ressaltar ainda que a resistência de aderência da argamassa com 2% de fibras foi inferior ao com 1% de fibras, essa diferença pode ser explicada por uma possível falha na ponte de aderência, ou por algum fator que tenha influenciado diretamente a resistência de aderência dos corpos de prova com 2%.

Tabela 18 – Resumo das tensões do ensaio de cisalhamento oblíquo – 120 dias

Tipos de Argamassas e Compósitos	σ_0 (MPa)	DP	σ (MPa)	DP	f_b (MPa)	DP
Zentrifix Tix (Com ponte)	36,50	1,11	9,31	0,28	16,12	0,49
Sika Tix (Com Ponte)	20,8	6,39	5,99	0,58	10,38	1,00
Sika 622 (Sem ponte)	33,60	1,80	8,57	0,46	14,84	0,80
Compósito com 1% de fibras (Sem ponte)	16,98	2,32	4,33	0,59	7,50	1,02

σ_0 = tensão normal no prisma composto

σ = tensão normal na ligação

f_b = resistência de aderência ao corte

De acordo com os dados das tabelas 17 e 18 é possível realizar uma análise comparativa entre as tensão de compressão σ_0 , obtidas durante o ensaio de cisalhamento oblíquo com as tensões de compressão f_c , obtidas durante os ensaios de caracterização dos materiais (Tabela 15 e 16).

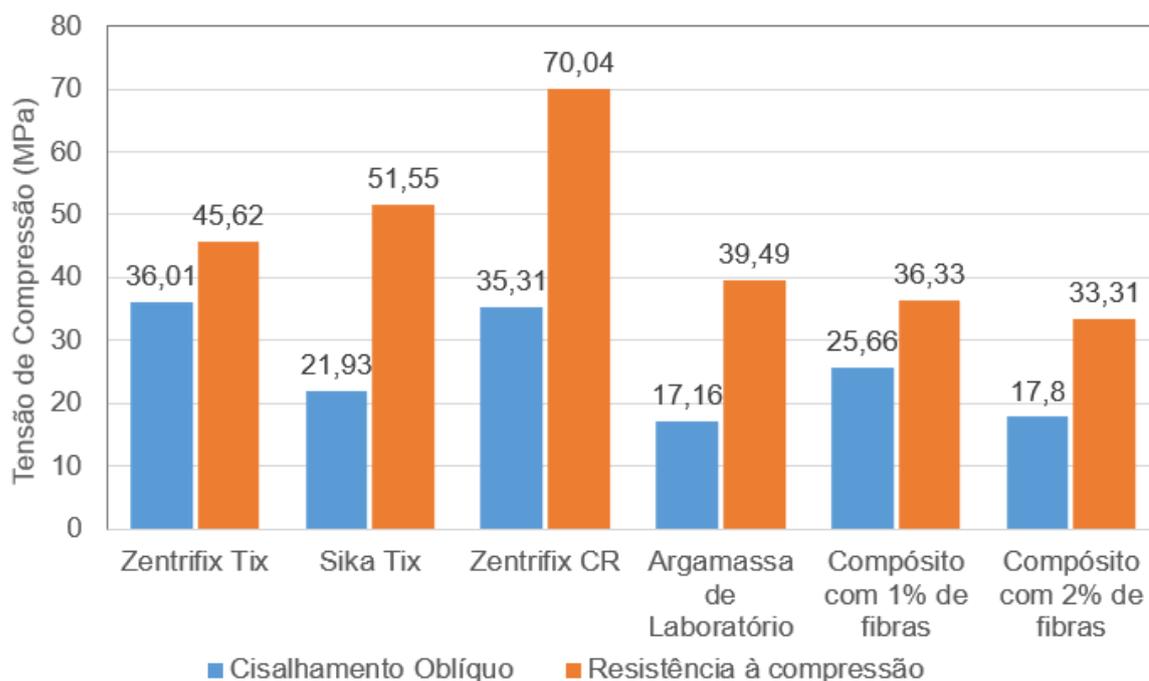


Figura 73 – Comparação das tensões de ruptura à compressão e tensões obtidas no ensaio de cisalhamento oblíquo aos 28 dias.

Com a análise do gráfico da Figura 73, é possível verificar que em todos os casos as tensões de compressão obtidas nos ensaios de caracterização mecânica dos materiais foram superiores às tensões encontradas durante o ensaio de cisalhamento oblíquo aos 28 dias.

Os valores da resistência de aderência das argamassas industriais Zentrifix Tix, o Sika Tix e o Zentrifix CR quando comparadas às tensões de compressão obtidas durante os ensaios de caracterização dos materiais, foram inferiores em 25,8%, 43,8% e 49,6%, respectivamente. Em relação às argamassas desenvolvidas no laboratório, é possível verificar que a argamassa sem fibra, o compósito com 1% de fibras e o compósito com 2% de fibras, tiveram uma redução de 56,5%, 29,36% e 46,6% na resistência à compressão quando comparadas às tensões de compressão obtidas durante os ensaios de caracterização dos materiais. Cabe ressaltar que nenhum dos

valores de compressão dos ensaios de cisalhamento oblíquo, foram superiores ao valor de 37,77 MPa, encontrados durante os ensaios de caracterização do concreto aos 28 dias.

Dessa forma, é possível concluir que os altos valores de resistência à compressão do material de reparo não são os mais significativos para a avaliação a aderência, mas sim consequência dos aditivos empregados que favorecem, por outro lado, as demais características necessárias ao bom desempenho do reparo como a durabilidade, a trabalhabilidade, a resistência à tração, cujos valores são, sobretudo ao longo do tempo, superiores ao valor do concreto.

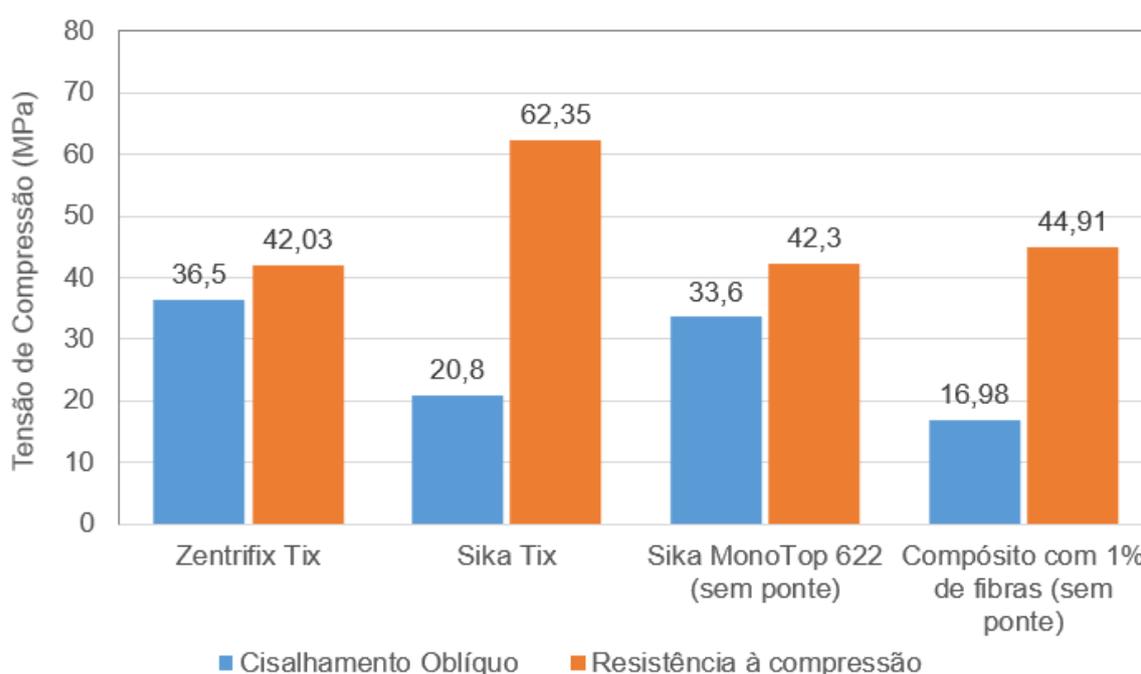


Figura 74 – Comparação das tensões de ruptura à compressão e tensões obtidas no ensaio de cisalhamento oblíquo aos 120 dias.

Com análise do gráfico da Figura 74, que se refere aos valores de 120 dias, é possível verificar que em todos os casos as tensões de compressão obtidas nos ensaios de caracterização mecânica dos materiais foram superiores às tensões encontradas durante o ensaio de cisalhamento oblíquo. Cabe ressaltar que o Zentrifix Tix e o Sika Tix possuem ponte de aderência, enquanto o Sika 622 e o compósito com 1% de fibras não possuem ponte de aderência.

Os valores da resistência de aderência das argamassas industriais Zentrifix Tix, o Sika Tix e Sika 622, quando comparadas às tensões de compressão obtidas durante

os ensaios de caracterização dos materiais, foram inferiores em 13,2%, 66,6% e 20,6%, respectivamente. Em relação as argamassas desenvolvidas no laboratório, é possível verificar que o compósito com 1% de fibras teve uma redução de 62,2% na resistência a compressão quando comparadas as tensões de compressão obtidas durante os ensaios de caracterização dos materiais.

Cabe ressaltar que nenhum dos valores de compressão dos ensaios de cisalhamento oblíquo, foram superiores ao valor de 46,57 MPa, encontrados durante os ensaios de caracterização do concreto aos 120 dias.

3.2.1 Influência da utilização de fibras

Os resultados mostram o efeito positivo da inclusão de fibras PVA, tal qual mencionado por Zanott et al (2014).

Já nos resultados obtidos nesse trabalho, é possível verificar que foi encontrada uma resistência de aderência de aproximadamente 7,58MPa para a argamassa sem fibras e 11,33MPa para o compósito com 1% de fibras de PVA o que representa um aumento de 49,4%. Dessa forma, é possível dizer que a utilização das fibras proporciona um aumento na resistência de aderência do prisma composto.

3.2.2 Influência da rugosidade

Em Zanotti et al (2018) os autores apresentam uma avaliação da resistência de aderência de substrato de concreto e argamassas de reparo reforçadas com fibra, à partir de ensaio de cisalhamento oblíquo. Comparou o desempenho de compósitos com fibras PVA de comprimentos de 8 e 12 mm e fibras de aço de 13 mm, em teores de 0,5% e 1% com argamassa simples, para controle. Considerou substratos jateados e substratos sem tratamento superficial. Os autores concluíram que:

- As interfaces jateadas promoveram maior resistência de aderência. Além disso, os resultados dos espécimes sem tratamento superficial apresentaram maior variabilidade e menor confiança estatística, devido à sua maior sensibilidade à propagação da fissuração pela falta de mecanismos adicionais como o intertravamento.
- A rugosidade superficial obtida com jateamento de areia desempenhou um papel fundamental ao permitir o desvio do plano de fratura do plano de ligação e, portanto, promovendo a ativação dos mecanismos de reforço da ligação

oferecido pelas fibras. No caso das fibras de aço, o jateamento de areia também promoveu a orientação das fibras paralelamente ao plano de cisalhamento próximo à interface, que tornou possível o efeito de pino.

Comparando os resultados obtidos com os de Zanotti et al (2018), é possível verificar que o tratamento superficial realizado nos ensaios experimentais apresentou resistências de aderência superiores aos ensaios sem tratamento superficial promovidos por Zanotti et al (2018) e resistências inferiores quando comparadas ao tratamento superficial com jateamento de areia. Dessa forma, é possível perceber que segundo esse autor, o tratamento superficial realizado teve influência relevante nas resistências de aderência obtidas.

3.2.3 Influência na utilização de ponte de aderência

Inicialmente, é possível fazer uma análise comparativa entre os resultados obtidos por Madeiro (2019), sem o uso de ponte de aderência, e os obtidos no presente estudo, com a utilização da ponte de aderência. Cabe ressaltar que o produto utilizado para a ponte foi o Zentrifix KMH. A Figura 75 mostra os resultados obtidos para a resistência de aderência das argamassas Zentrifix Tix, Sika Tix e Zentrifix CR, com e sem ponte de aderência ensaiadas aos 28 dias.

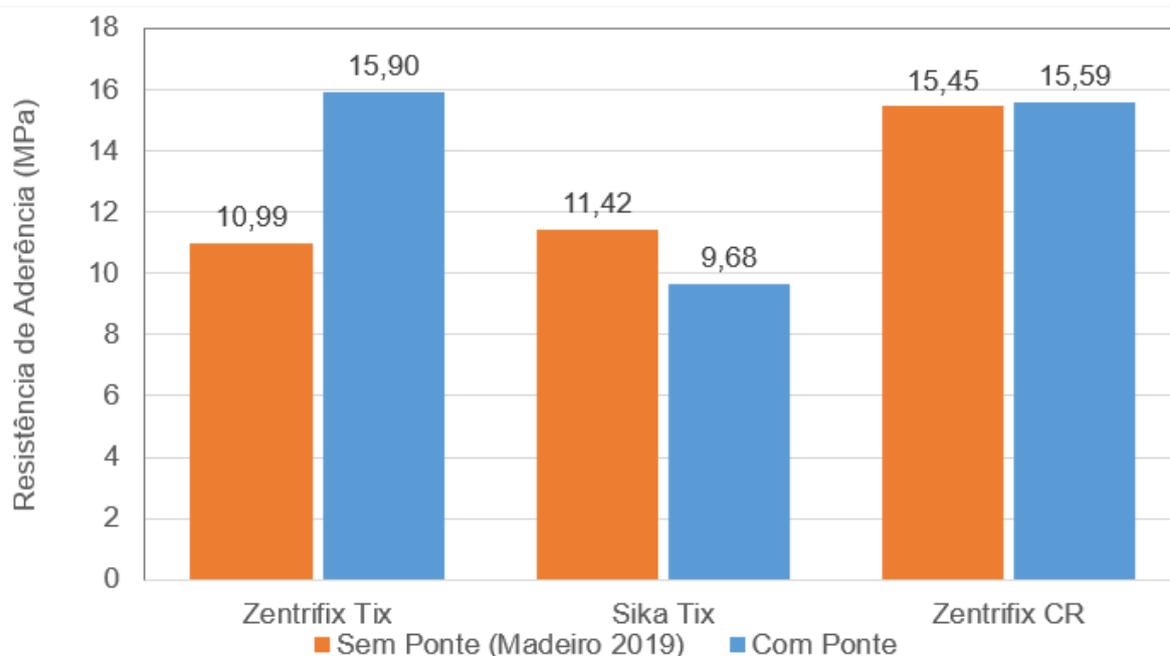


Figura 75 – Efeito do uso da ponte de aderência nas argamassas industriais ensaiadas aos 28 dias.

Conforme é possível verificar na Figura 75, a argamassa Zentrifix Tix apresentou um acréscimo na resistência de aderência de 44,68% com a utilização da ponte de aderência. No entanto, nenhuma diferença foi observada para argamassa Zentrifix CR e uma redução significativa de aproximadamente 15% foi observada na resistência de aderência da argamassa Sika Tix com o uso da ponte. Uma possível explicação para a pouca influência da ponte de aderência na argamassa Zentrifix CR é que segundo informações do fabricante, esta argamassa já possui agente adesivo em sua constituição não necessitando do uso de uma ponte de aderência. Em relação à argamassa Sika Tix, o efeito negativo no uso da ponte foi, possivelmente, devido à alguma falha durante a execução da ponte de aderência, tendo em vista a quantidade de formas e a necessidade de aplicação imediata da argamassa junto a ponte, somados com o tempo de trabalhabilidade de cada produto que gera uma atenção redobrada na hora da execução.

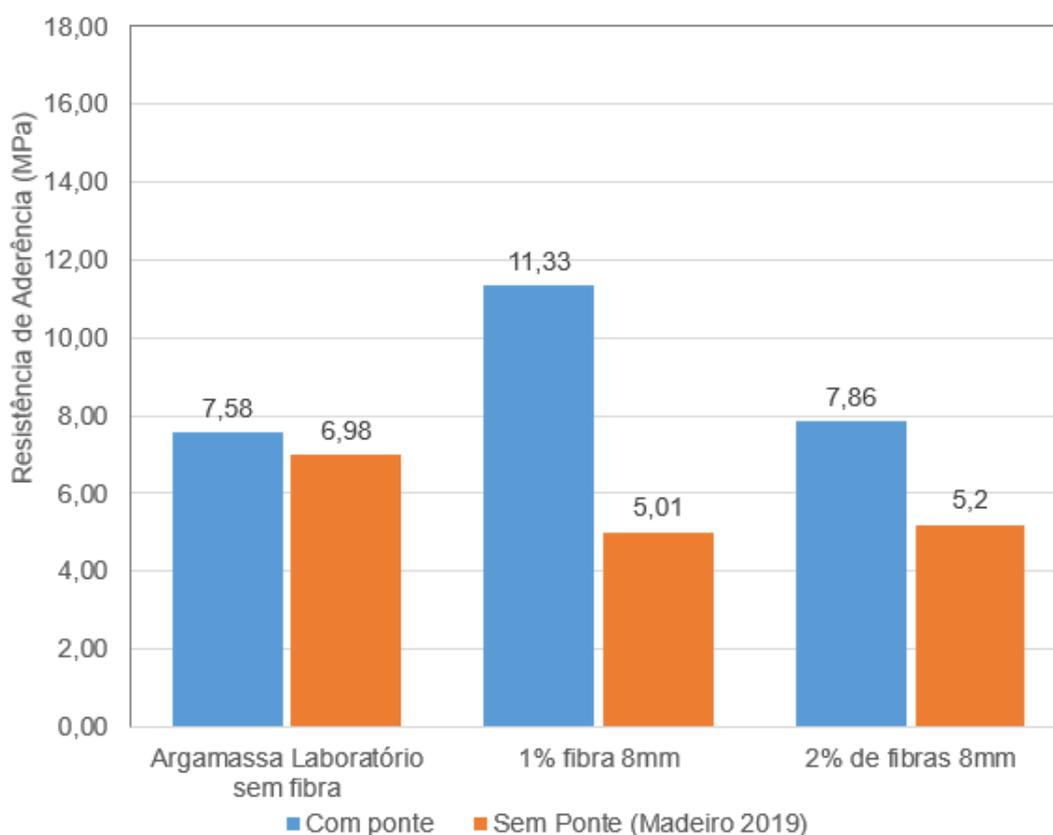


Figura 76– Efeito da ponte de aderência na argamassa de laboratório e compósitos ensaiados aos 28 dias

É possível verificar com base na Figura 76 que no caso das argamassas fabricadas em laboratório os resultados obtidos com a inclusão da ponte de aderência foram superiores aos modelos sem a presença da ponte, ensaiadas por Madeiro (2019). A argamassa de laboratório sem a utilização de fibras teve um aumento de 8,6% em relação aos resultados encontrados por Madeiro (2019), já o compósito com o acréscimo de 1% de fibras, teve um aumento considerável de 126%. Já o modelo com a presença de 2% de fibras, teve um aumento de 51%. Dessa forma, é possível verificar que a ponte de aderência teve um papel fundamental no aumento da resistência de aderência dos compósitos fabricados no laboratório.

Cabe ressaltar a dificuldade de execução da ponte de aderência, tendo em vista que as duas superfícies devem estar úmidas para garantir a efetividade da ponte de aderência e, caso a ponte esteja seca antes da aplicação da argamassa, deve ser aplicada mais uma demão.

Esse tipo de dificuldade aumenta ainda mais em condições de reparo ou reforço em que é necessária a utilização de formas para preencher o local com a argamassa, pois normalmente não é possível aplicar a ponte de aderência, montar a forma e preencher com argamassa antes da ponte endurecer, além disso, com a forma montada, dificilmente é possível passar a ponte de aderência da maneira correta, preenchendo todos os espaços.

3.2.4 Influência do tempo

Outra análise realizada foi a influência do tempo em relação à resistência de aderência dos prismas analisados. Foram realizados ensaios aos 28 e 120 dias em dois tipos de argamassas industriais, o Zentrifix Tix e o Sika Tix. Vale ressaltar que as duas argamassas tiveram a inclusão da ponte de aderência durante seu processo executivo.

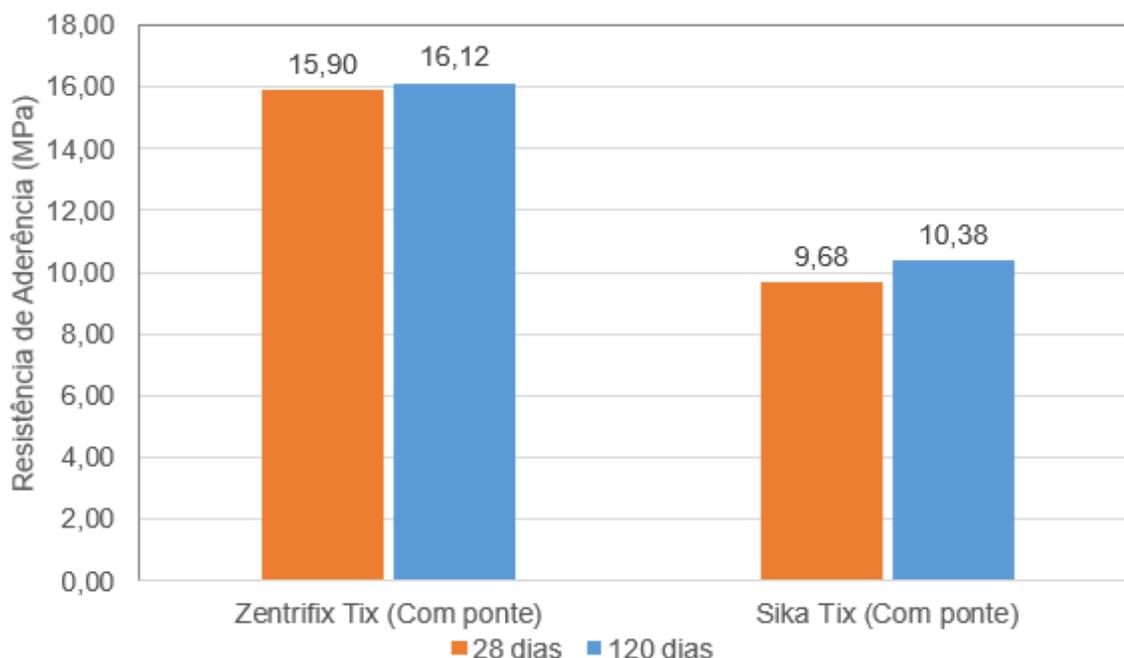


Figura 77 – Influência do tempo na resistência de aderência das argamassas industriais com ponte de aderência.

Com o aumento da idade das argamassas industriais, foi possível verificar que a resistência de aderência aumentou ligeiramente em ambas as argamassas testadas, sendo que para o Zentrifix Tix o aumento foi de 1,3% enquanto o Sika Tix teve um aumento na resistência de 7,2%.

Além disso, foram realizados ensaios em mais uma argamassa industrial e um compósito com o acréscimo de 1% de fibras, ambos sem a ponte de aderência. Os resultados obtidos são apresentados no gráfico da Figura 78 e comparados com os resultados obtidos no trabalho de Madeiro (2019).

Conforme indicado na Figura 78, é possível verificar que o aumento da idade das argamassas ensaiadas elevou a resistência de aderência da ligação. A argamassa industrial Sika 622, teve uma resistência de 14,84 MPa que comparado com os resultados obtidos por Madeiro (2019) teve um ganho de 37% quando ensaiado aos 120 dias. Já no compósito com o acréscimo de 1% de fibras, foi encontrada uma resistência de 7,50 MPa, considerando os resultados de Madeiro (2019), o aumento da resistência nesse caso foi de 51,5%. Dessa forma, é possível notar que, da mesma forma que a idade influencia diretamente na resistência do compósito, também influencia na tensão de aderência das argamassas analisadas.

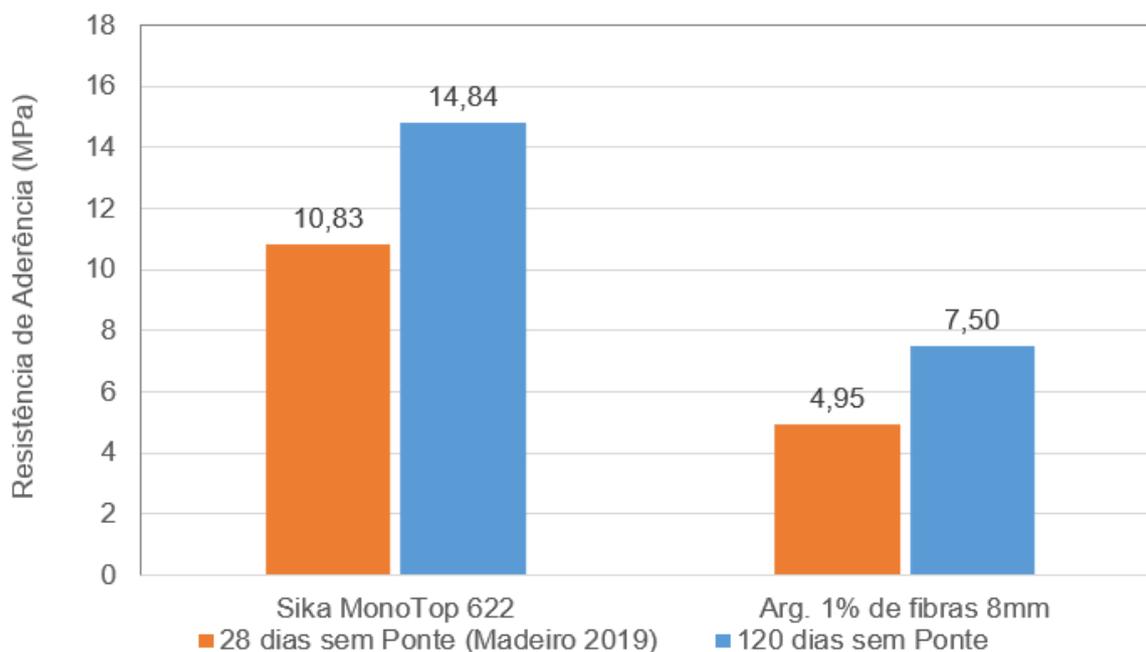


Figura 78– Argamassas sem ponte - 28 dias e 120 dias

3.2.5 Tipos de ruptura

De acordo com Madeiro (2019), a classificação dos modos de ruptura foi separada da seguinte forma:

- RLCV - ruptura na ligação com vestígios de concreto e material de reparo.
- RLRR - ruptura na ligação com ruptura parcial do material de reparo.
- RLRC - ruptura na ligação com ruptura parcial do concreto.
- RCR - ruptura no concreto ou no material de reparo.

A Figura 79 ilustra os critérios de ruptura utilizados para a análise dos dados obtidos.



Figura 79 - a) RLCV; b) RLRR; c) RLRC; d) RCR

Conforme análise do gráfico na Figura 80, é possível verificar que os prismas com a argamassa de reparo Zentrifix Tix sofreram aos 28 dias, ruptura na ligação, sendo que 33% dos prismas apresentaram vestígios de concreto e material de reparo, 33% dos prismas apresentaram ruptura parcial do material de reparo e 33% apresentaram ruptura parcial no concreto. Já para os 120 dias, os prismas demonstraram uma maior rigidez na ligação, sendo que 33% rompeu na ligação com ruptura parcial no concreto e 67% apresentaram ruptura no concreto ou no material de reparo. Portanto, houve melhora da aderência com o tempo.

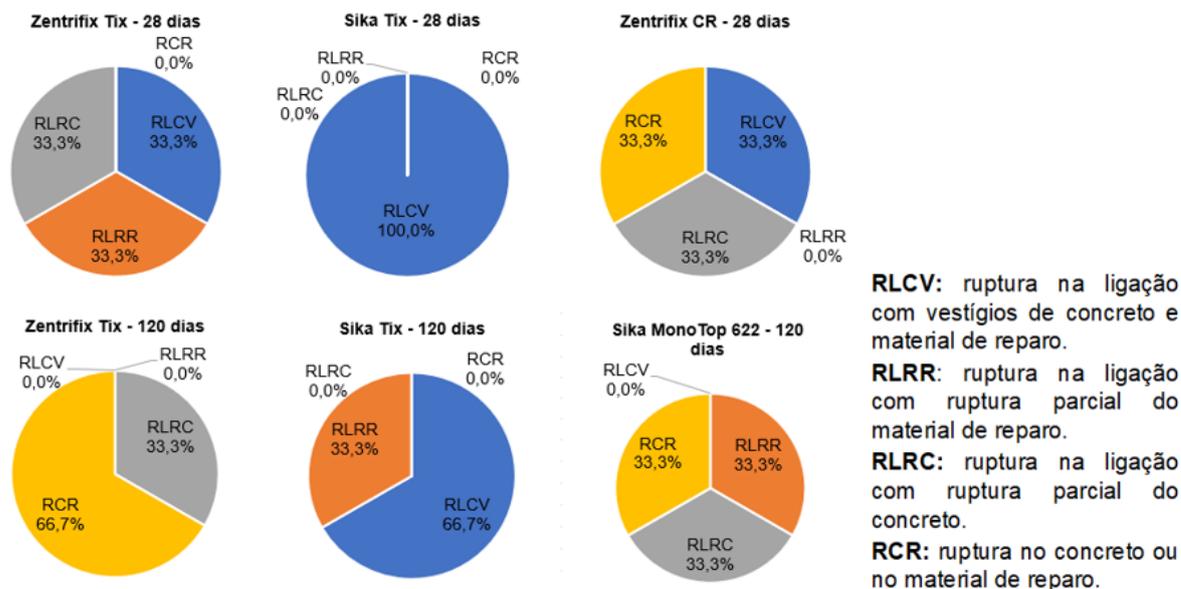


Figura 80–Tipos de ruptura – argamassas industriais

É ainda possível verificar que os prismas com a argamassa de reparo Sika Tix sofreram aos 28 dias, a ruptura na ligação, sendo que 100 % dos prismas apresentaram vestígios de concreto e material de reparo. Já para os 120 dias, os prismas demonstraram uma maior rigidez na ligação, sendo que 67% rompeu na ligação com vestígios de concreto e material de reparo e 33% a ruptura foi na ligação com ruptura parcial no material de reparo. Portanto, houve melhora da aderência com o tempo.

Além disso, os prismas com argamassa de reparo Zentrifix CR sofreram aos 28 dias ruptura na ligação e no concreto, sendo que 33% dos prismas apresentou ruptura na ligação com vestígios de concreto e material de reparo, 33% apresentou ruptura também na ligação porém com ruptura parcial do concreto e 33% apresentou a ruptura no concreto.

É possível ainda verificar que os prismas ensaiados da argamassa de reparo Sika 622, sofreram aos 120 dias, ruptura na ligação e no concreto, sendo que 33% dos prismas apresentaram rupturas na ligação com ruptura parcial do material de reparo, 33% apresentaram ligação com ruptura do parcial e 33% apresentou a ruptura no concreto.

Cabe ressaltar que em nenhum caso, ocorreu ruptura na ligação sem deixar vestígios de concreto ou material de reparo nas peças, o que representa uma boa aderência entre as peças.

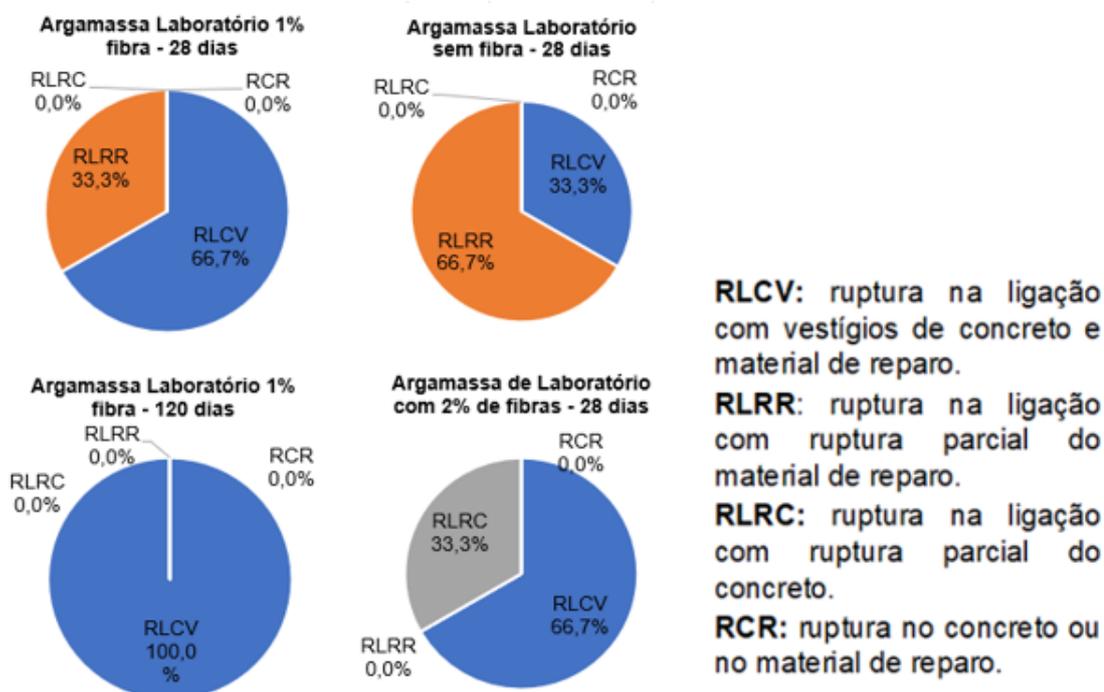


Figura 81–Tipos de ruptura – argamassas de laboratório

Conforme análise do gráfico na Figura 81, é possível verificar que os prismas ensaiados com argamassa de laboratório sem fibras sofreram aos 28 dias a ruptura na ligação, sendo que 33% apresentaram rupturas na ligação com vestígios de concreto e material de reparo e 67% apresentou ruptura foi na ligação com ruptura parcial no material de reparo.

É possível ainda verificar que os prismas ensaiados do compósito com 1% de fibras, sofreram aos 28 dias, ruptura na ligação, sendo que 67% dos prismas apresentaram rupturas com vestígios de concreto e material de reparo, 33% apresentaram ruptura parcial do material de reparo. Já para os 120 dias, a ruptura também ocorreu somente na ligação, sendo que 100% dos prismas apresentou rupturas com vestígios de concreto e material de reparo.

Além disso, os prismas ensaiados do compósito com 2% de fibras, sofreram aos 28 dias, ruptura na ligação, sendo que 67% dos prismas apresentaram rupturas com vestígios de concreto e material de reparo, 33% apresentou ruptura parcial do concreto.

Analisando de maneira geral os resultados obtidos nos gráficos das figuras 80 e 81, é possível verificar que todas as ligações transferiram esforços, garantindo assim uma boa resistência de aderência em todos os ensaios.

3.2.6 Avaliação das recomendações normativas

O guia para reparo em concreto (Guide to concrete repair) do Departamento do Interior dos EUA (2015) especifica que aos 28 dias o valor mínimo da resistência de aderência no ensaio de cisalhamento oblíquo deve ser de 2.000 psi, ou 13,8 MPa.

De forma semelhante, o guia para reparo em concreto do comitê do Instituto Americano de Concreto (ACI Concrete Repair Guide) indica uma faixa de valores de resistência de aderência admissíveis para resultados do ensaio de cisalhamento oblíquo. A resistência de aderência de um material de reparo deve estar entre 13,8 MPa e 20,7 MPa, para o ensaio de cisalhamento oblíquo realizado na idade de 28 dias, segundo o ACI 546R (2004),

No entanto, esse parâmetro se aplica a norma americana ASTM C882 (2015), que utiliza corpos de prova cilíndricos e faz o cálculo da resistência de aderência por uma fórmula diferente, conforme o Item 1.3.3.1.1. Desse modo, a relação entre os valores de aderência por estes dois métodos é dada por:

$$\frac{f_{b,cilindro}}{f_{b,prisma}} = 2,53 \quad (18)$$

Assim, para efeito de análise comparativa dos resultados experimentais encontrados neste trabalho, será utilizado o limite mínimo para a resistência de aderência de 5,45MPa.

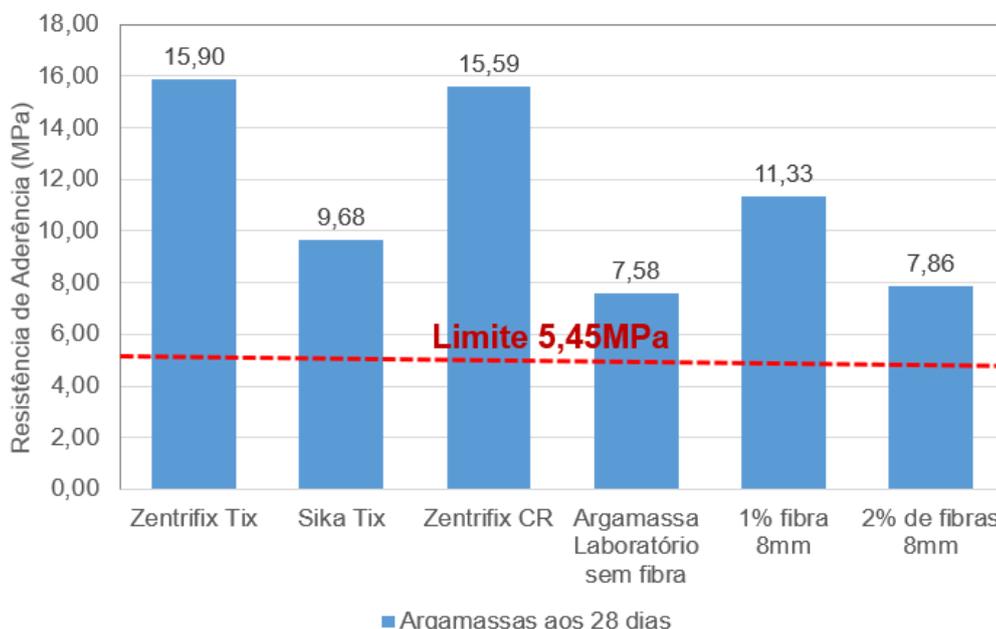


Figura 82–Limite do ensaio de cisalhamento oblíquo com ponte de aderência

Conforme é possível verificar no gráfico da Figura 82, tanto as argamassas industriais quanto os compósitos ensaiados, estão acima do limite adotado. Sendo o Zentrifix Tix com um valor 192% superior ao limite, o SikaTix com uma média de 78% superior ao limite, o Zentrifix CR com um valor de 186% superior ao limite. Já os compósitos executados no laboratório, a argamassa sem fibra, teve um valor de 39% superior ao limite, enquanto o compósito com 1% de fibras de 8mm teve um valor de 108% superior ao limite e o compósito com 2% de fibras de 8mm teve um valor de 44,2% superior ao limite adotado.

Segundo Madeiro (2019), os fatores responsáveis pela baixa resistência de aderência estão ligados a condições de umidade, limpeza da interface, utilização da ponte de aderência e a rugosidade aplicada a interface. Dessa forma, possivelmente a ponte de aderência teve influência direta no aumento da resistência de aderência garantindo assim bons resultados.

3.2.7 Avaliação experimental da tensão cisalhante na interface

Neste item fez-se uma avaliação do valor da tensão cisalhante na junta tendo por base a caracterização dos materiais e as relações teóricas da resistência dos materiais, com aqueles obtidos nos ensaios dos prismas compostos. Para tal, foram colados quatro extensômetros, paralelamente à interface, em cada prisma composto, sendo dois em cada face diametralmente oposta e de modo a permitir a determinação das deformações tanto no concreto como no material de reparo. Com o valor destas deformações determinou-se o valor da tensão cisalhante calculada através de resultados experimentais.

Inicialmente determinou-se o módulo de elasticidade transversal calculado com resultados experimentais à partir do módulo de elasticidade longitudinal (equação 19) obtido nos ensaios de caracterização dos materiais e considerando o valor de 0,2 para o coeficiente de Poisson, como mostra a Tabela 19.

$$G, calc = \frac{E, exper}{2(1 + \nu)} \quad (19)$$

Onde

G_{calc} é módulo de Elasticidade transversal calculado com base experimental, em GPa.

E_{exper} é módulo de Elasticidade obtido na caracterização do material, em GPa.

ν é coeficiente de Poisson.

Tabela 19 – Resultados do módulo de elasticidade transversal com base no módulo de elasticidade do material.

	E,exp (GPa)	G,calc (GPa)
Concreto	32,61	13,59
Zentrifix CR	35,62	14,84
Zentrifix Tix	32,35	13,48
SikaTix	29,77	12,40
Sika622	25,67	10,70
Argamassa	19,25	8,02
Compósito 8mm 1%	18,51	7,71
Compósito 8mm 2%	18,18	7,58

Com os valores de G_{calc} e das deformações lidas com os extensômetros obteve-se os valores das tensões cisalhantes calculadas através de valores experimentais de acordo com a Equação 20.

$$\tau_{calc} = \varepsilon \cdot G_{calc} \quad (20)$$

Onde

τ_{calc} é tensão de cisalhamento, em MPa.

ε é a deformação do material.

G_{calc} é módulo de elasticidade transversal, em GPa.

Os valores das tensões cisalhantes experimentais na interface, denominados por resistência de aderência (f_b), foram determinados à partir da equação 19,

considerando o valor da tensão normal de ruptura do prisma específico, em situação de ruptura.

A seguir são apresentados gráficos tensão normal-deformação transversal para cada prisma testado.

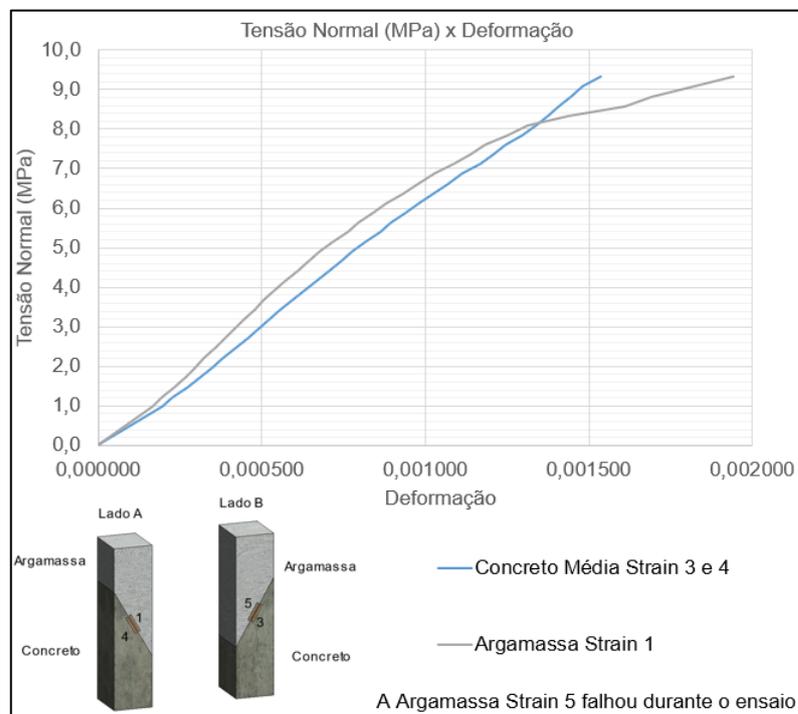


Figura 83 – Gráfico tensão x deformação – Zentrifix Tix

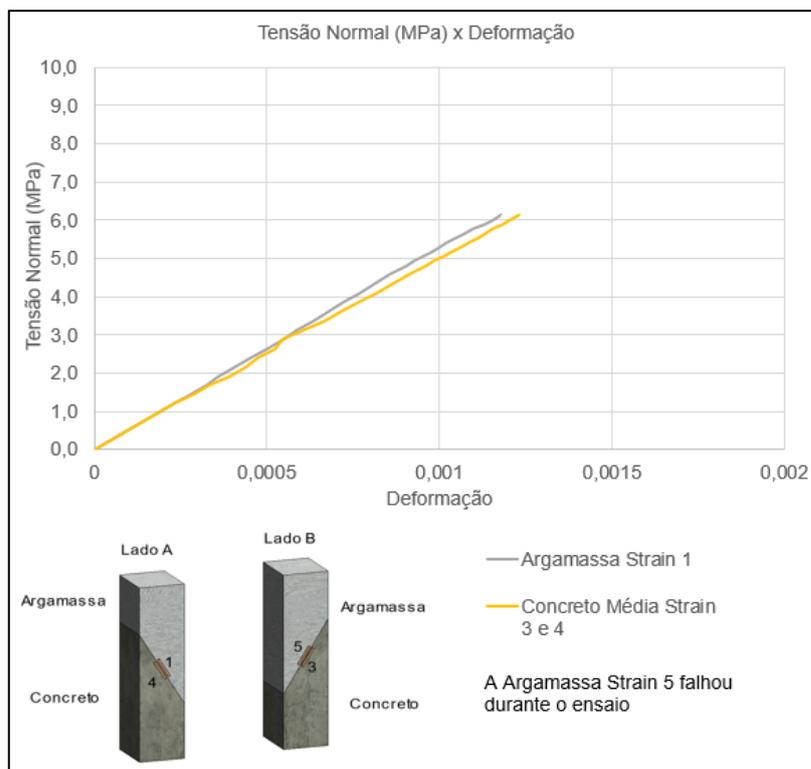


Figura 84 – Gráfico tensão x deformação – Sika Tix

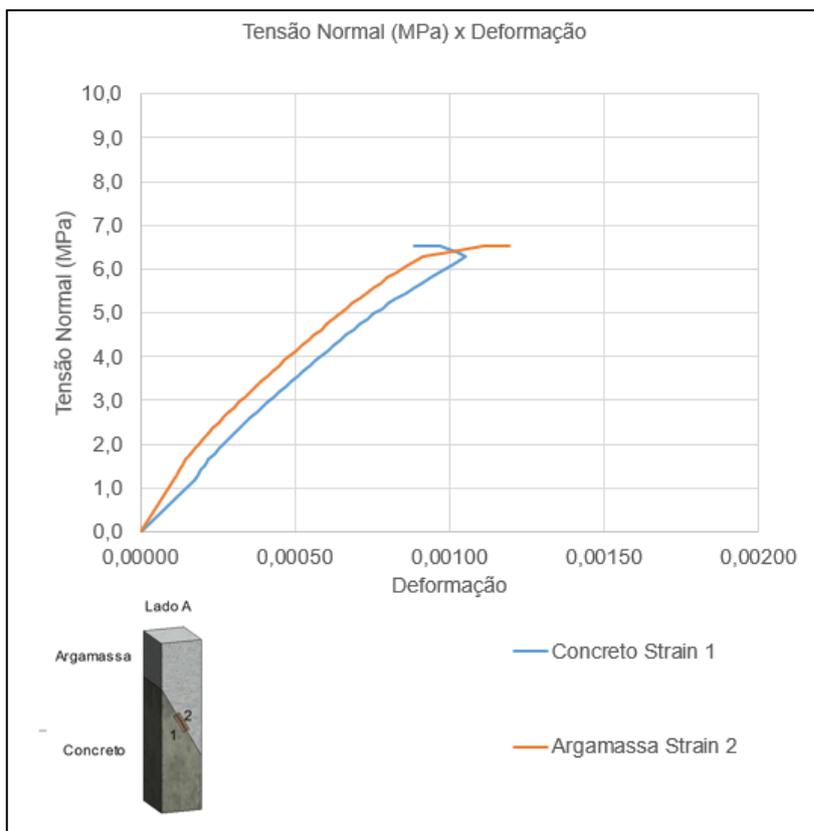


Figura 85 – Gráfico tensão x deformação – Zentrifix CR

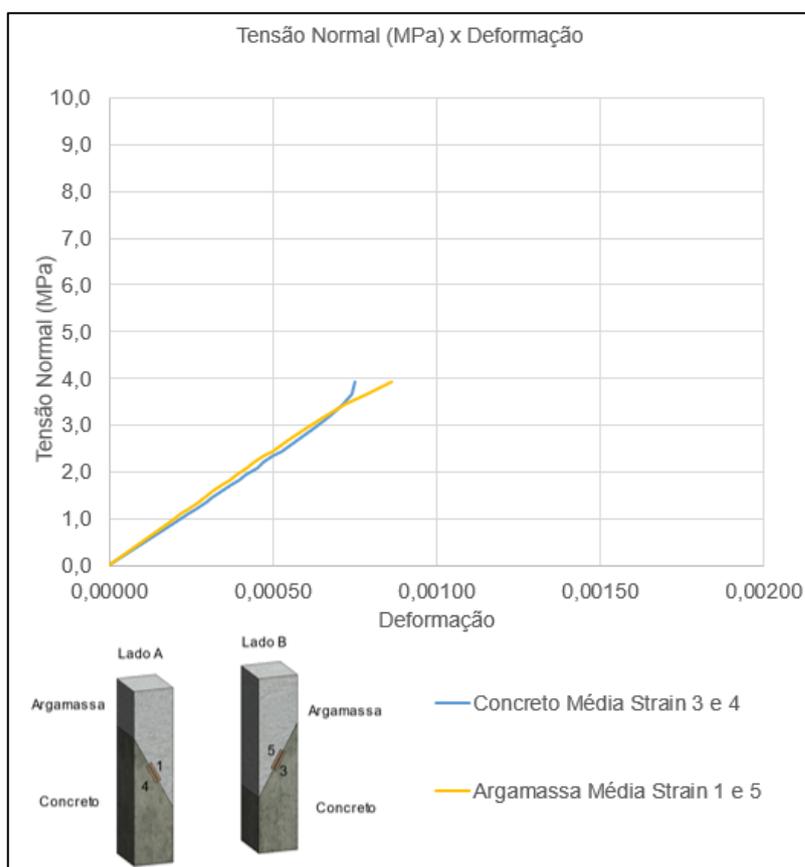


Figura 86 – Gráfico tensão x deformação – Argamassa sem fibra

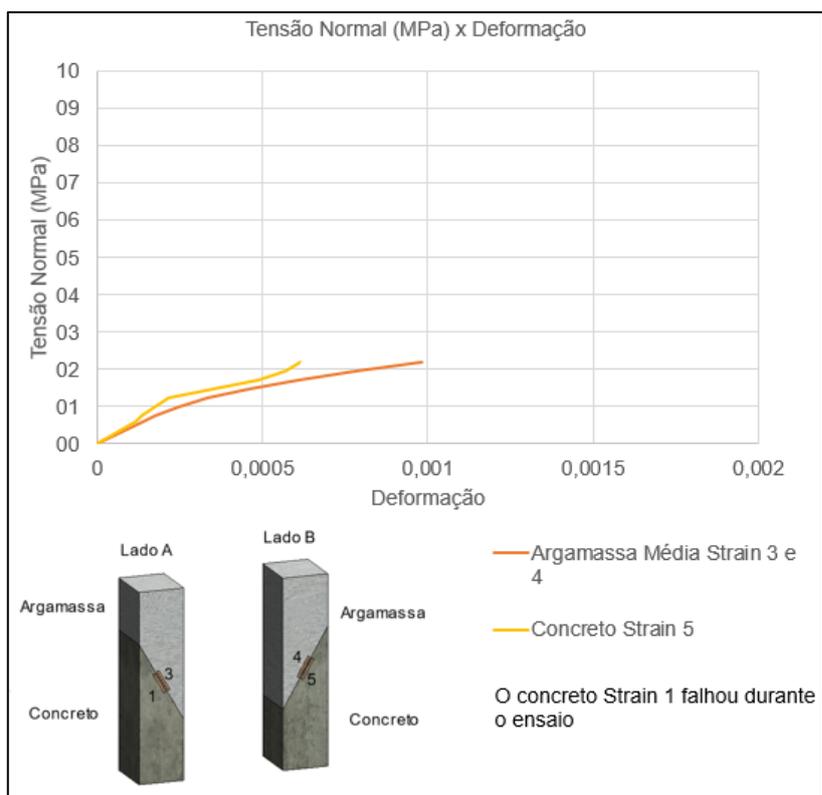


Figura 87 – Gráfico tensão x deformação – compósito com 1% de fibras

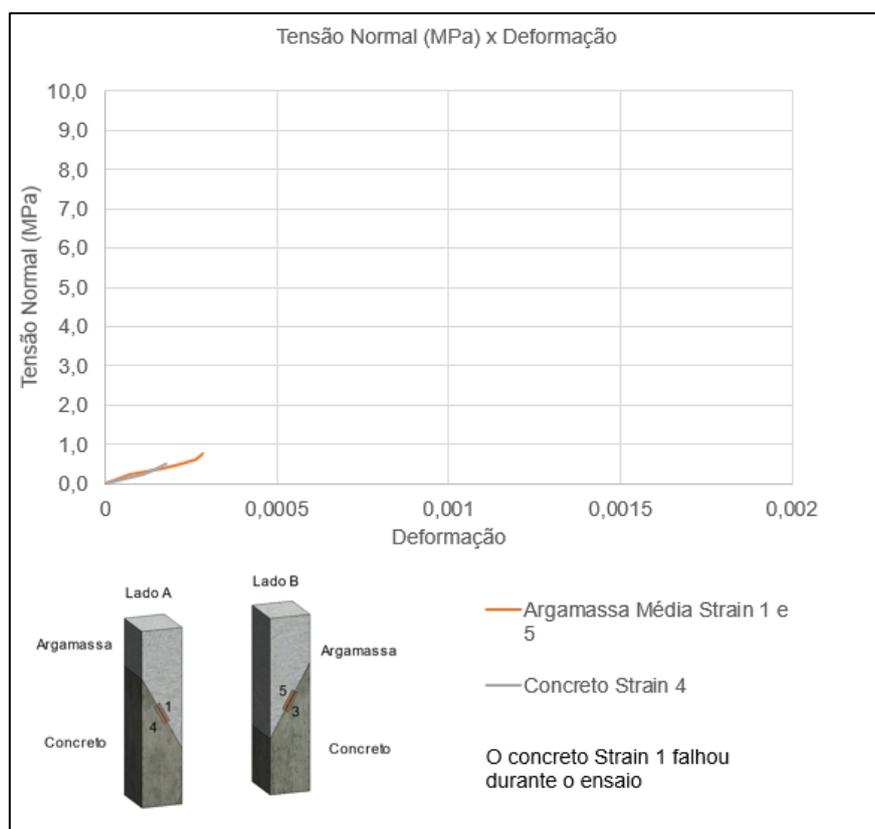


Figura 88 – Gráfico tensão x deformação – compósito com 2% de fibras

A comparação dos resultados obtidos na Tabela 20 permite aferir a validade dos ensaios realizados nesta pesquisa e constatar que, na falta de maiores informações durante um projeto de reparação, pode-se estimar a resistência de aderência na junta à partir de um ensaio simples de módulo de elasticidade do material de reparo.

Tabela 20 –Valores das tensões cisalhantes teóricas e experimentais

	τ exp (MPa)	τ calculado (MPa)	Relação entre τ teor / τ exp (%)
Zentrifix TIX	16,6	17,9	7%
Sika Tix	10,74	12,0	11%
Zentrifix CR	11,32	13,9	19%
argamassa sem fibra	7,16	7,7	7%
argamassa 1% fibras	4,03	4,16	3%
argamassa 2% fibras	2,5	2,31	8%

3.3 Resultados do ensaio de arrancamento

Além dos ensaios de cisalhamento oblíquo, foram realizados ensaios de arrancamento de pastilhas, para analisar a aderência entre os materiais estudados. Vale ressaltar que o ensaio de arrancamento em questão é um experimento muito aplicado no canteiro de obra, tendo em vista o procedimento e versatilidade do equipamento, torna esse método o mais interessante quando necessário a verificação da aderência entre materiais.

Com base na norma EN1542 (1999), foram realizados 73 ensaios de arrancamento, utilizando as argamassas industriais e compósitos citados anteriormente variando alguns critérios, tais como a idade dos elementos, a presença de ponte de aderência ou não e a espessura da argamassa de reparo. A análise da influência da espessura foi feita somente nos compósitos cimentícios.

3.3.1 Influência na utilização de fibras

Realizando uma análise comparativa entre as argamassas de laboratório com a presença ou não de fibras. Foi verificado que a presença de fibras gerou um aumento na resistência de aderência de 27% quando comparados os resultados obtidos entre a argamassa sem fibra e a com 1% de fibras de 8mm, conforme a Figura 89.

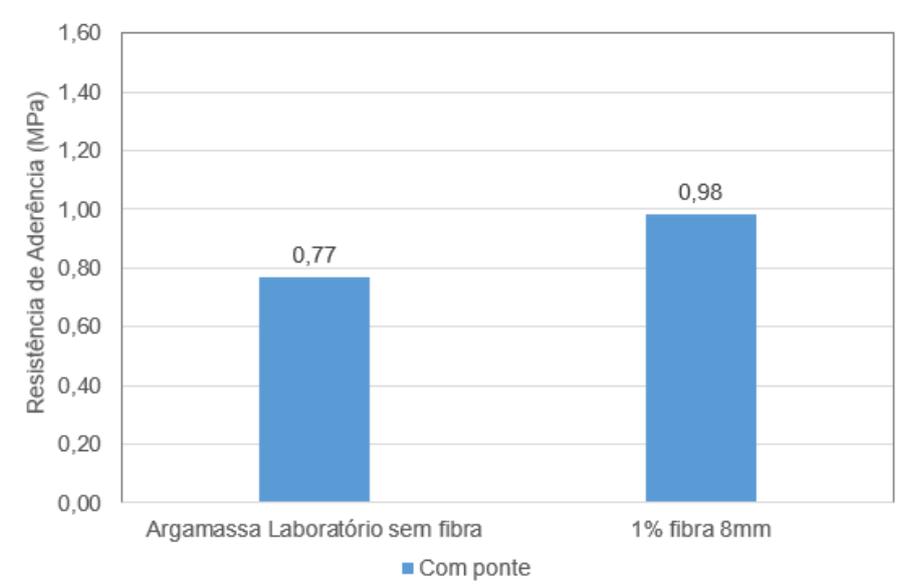


Figura 89– Resultado dos ensaios de arrancamento das argamassas de laboratório com ponte aos 28 dias

Cabe ressaltar que as duas argamassas em questão possuem ponte de aderência e ruptura aos 28 dias. Não foi realizado ensaios com a argamassa de 2% de fibras de 8mm com as mesmas características.

3.3.2 Influência na utilização de ponte de aderência

Neste trabalho foi realizada uma análise comparativa entre os resultados obtidos por Madeiro (2019), sem ponte de aderência e os resultados obtidos neste trabalho com o uso da ponte de aderência aos 28 dias com uma espessura de 2cm, conforme pode ser verificado na Figura 90.

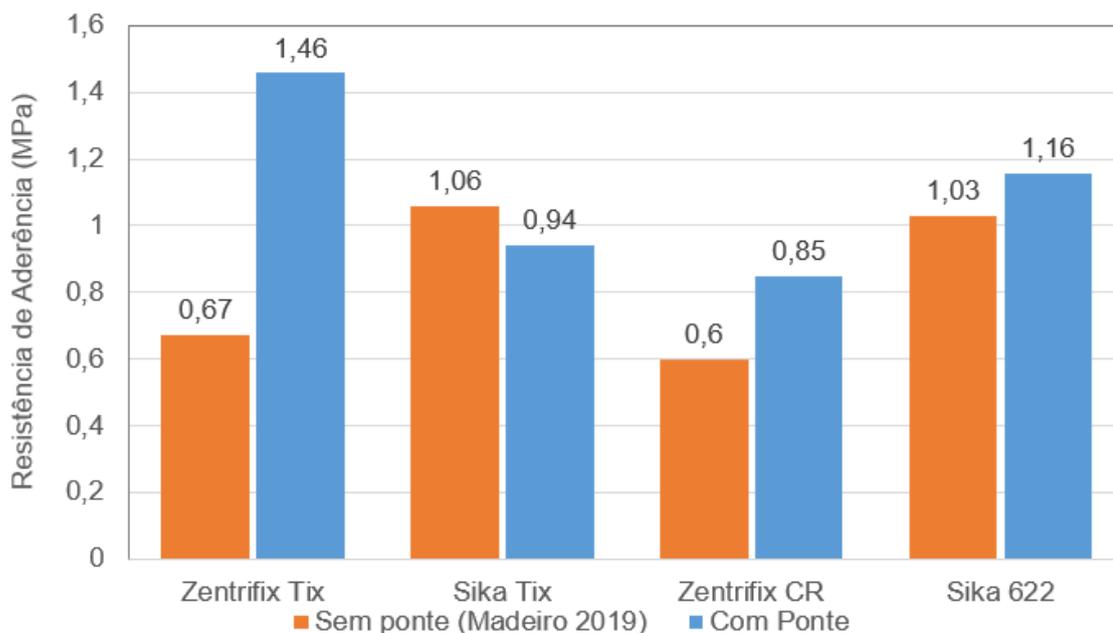


Figura 90 – Resultado dos ensaios de arrancamento das argamassas industriais com ponte e sem ponte aos 28 dias

Conforme é possível verificar na Figura 90, as argamassas industriais tiveram um desempenho um pouco melhor com a presença da ponte de aderência, com exceção da SikaTix, que teve um desempenho de 11,3% inferior, quando comparado ao resultado obtido nos ensaios realizados sem a ponte de aderência (MADEIRO, 2019). Já nos casos do Zentrifix CR e do Sika 622, a resistência de aderência foi de 41,7% e 12,6% superior quando comparado ao resultado obtido por Madeiro (2019). O caso de melhor desempenho da ponte de aderência foi o do Zentrifix Tix, que teve um aumento de 118% quando comparado ao resultado obtido por Madeiro (2019).

É importante destacar que as duas argamassas da MC Bauchemie, o Zentrifix Tix e o Zentrifix CR, foram as argamassas que apresentaram um aumento mais significativo quando comparadas com os produtos da Sika, essa informação é importante pelo fato do material utilizado para ponte de aderência também ser da MC Bauchemie, o Zentrifix KMH.

Também foram realizados ensaios de arrancamento comparativos, utilizando a ponte de aderência nos compósitos estudados com uma espessura de 2cm. Vale ressaltar que os ensaios foram realizados nos compósitos sem fibras e com fibras de PVA no teor de 1%. Esses compósitos também foram estudados por Madeiro (2019), dessa forma, foi possível realizar uma análise comparativa.

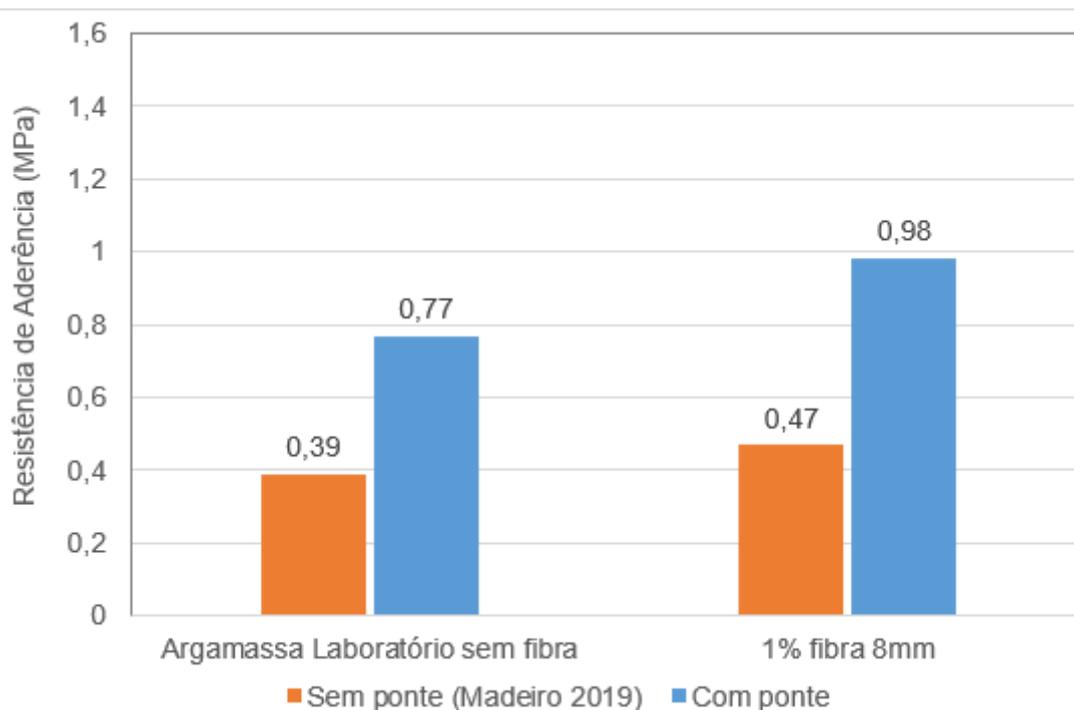


Figura 91– Análise comparativa dos resultados dos ensaios de arrancamento das argamassas de laboratório com ponte e sem ponte aos 28 dias

Conforme é possível verificar pelo gráfico da Figura 91, a utilização da ponte de aderência nos compósitos, teve uma influência considerável no aumento da resistência de aderência durante os ensaios de arrancamento. A argamassa sem o acréscimo de fibras, teve um aumento de 97% quando comparado ao resultado obtido por Madeiro (2019). Já a argamassa com o acréscimo de 1% de fibras de 8mm, teve um aumento de 162% na resistência, quando comparado ao resultado obtido por Madeiro (2019).

3.3.3 Influência de diferentes espessuras

Com o objetivo de verificar a influência da espessura na resistência de aderência do compósito executado no laboratório, foram executadas com espessuras de 4cm as argamassas de laboratório sem fibra, com 1% de fibras de 8mm e a argamassa industrial Zentrifix Tix. Vale ressaltar que os modelos originalmente possuem 2cm de espessura, conforme descrito anteriormente no procedimento experimental.

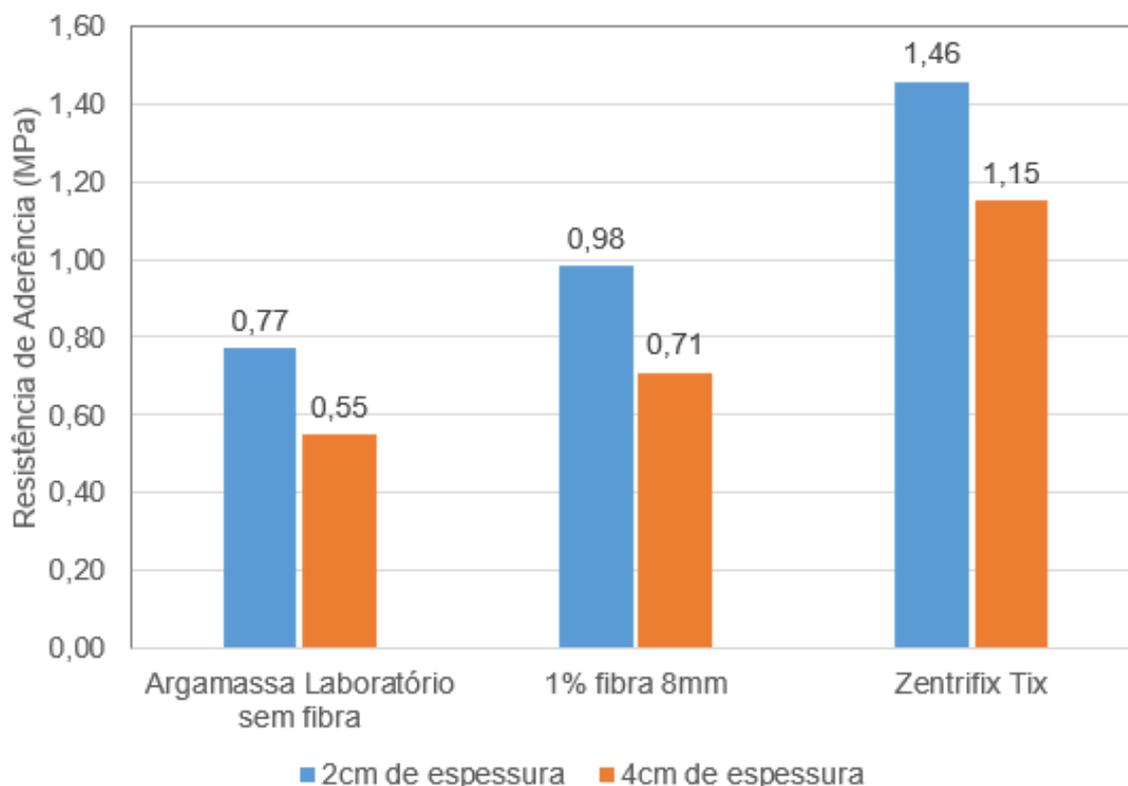


Figura 92– Análise comparativa dos resultados dos ensaios de arrancamento das argamassas de espessuras de 2cm e 4cm com ponte aos 28 dias

Conforme é possível verificar no gráfico da Figura 92, o compósito com uma espessura maior, apresentou uma diminuição na resistência de aderência, sendo que no caso da argamassa sem a presença de fibras, a resistência diminuiu em 28,5% quando comparada a mesma argamassa com 2cm de espessura. Já a argamassa com 1% de fibras, apresentou uma redução de 27,5% na resistência quando comparada a mesma argamassa com 2cm de espessura. Vale ressaltar que todas argamassas estudadas nesse caso, possuem a ponte de aderência.

A argamassa industrial Zentrifix Tix também sofreu uma redução na resistência de aderência quando comparada a uma espessura menor. A perda na resistência de aderência foi de 21,2%. Se se comparar com os compósitos desenvolvidos no laboratório, a perda foi um pouco inferior.

Cabe ressaltar que na grande maioria dos casos, o rompimento se deu na ligação, do concreto com o compósito, porém, nos ensaios com maiores espessuras, foi possível detectar que o próprio compósito rompeu antes da ligação.

3.3.3 Influência do tempo

Outra análise realizada durante o procedimento experimental, foi a influência do tempo em relação a resistência de aderência das pastilhas analisadas. Foram realizados ensaios aos 120 dias em dois tipos de compósitos com 2cm de espessura, o primeiro com a inclusão de 2% de fibras de 8mm e o segundo com 1% de fibras de 8mm. Os resultados obtidos foram comparados com Madeiro (2019).

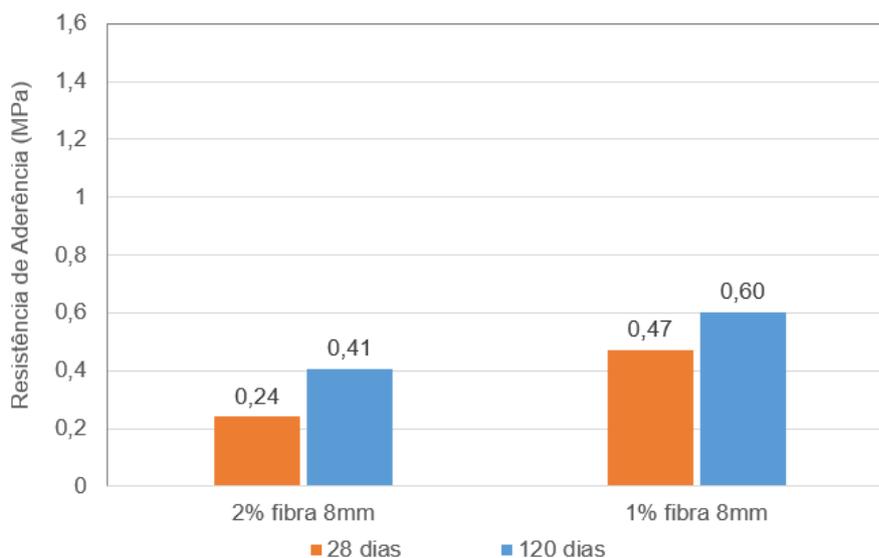


Figura 93– Análise comparativa dos resultados dos ensaios de arrancamento das argamassas de laboratório sem ponte aos 28 dias e 120 dias

Com base no gráfico da Figura 93, é possível verificar que ocorreu um aumento na resistência de aderência tanto na argamassa de 1% quanto na de 2% com o aumento da idade do compósito. No caso da argamassa com 2% de fibras de 8mm, esse aumento foi de 71%, enquanto no caso da argamassa com 2% de fibras de 8mm esse aumento foi de 27,8%.

3.3.4 Avaliação das recomendações normativas

Conforme descrito no item 1.4.1.3.1 a NP EN 1504 (2006) a resistência de aderência obtida pelo método da EN 1542, ensaio de arrancamento, de um reparo estrutural deve ser maior que 1,5 MPa.

Esta norma ainda avalia outros limites como resistência a compressão, teor de cloretos, além da resistência de aderência, tanto para argamassas com função estrutural quanto para argamassas sem função estrutural.

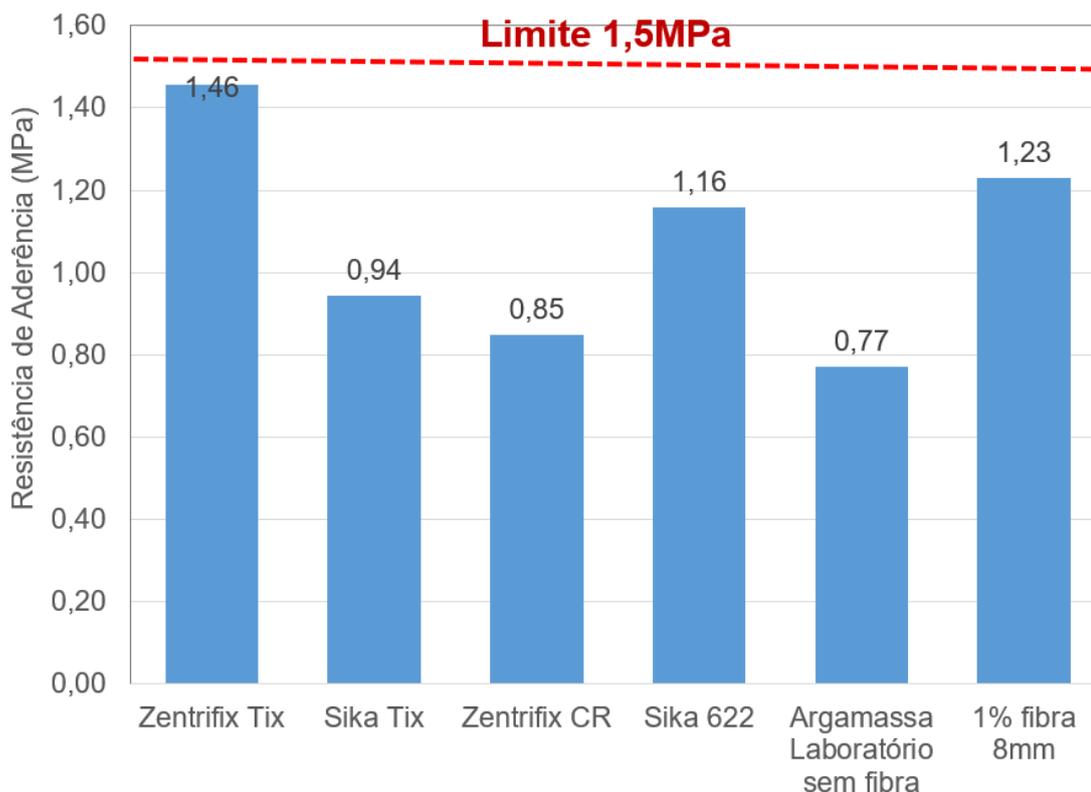


Figura 94– Limite da resistência de arrancamento de todas as argamassas com o uso da ponte de aderência aos 28 dias.

Com base no gráfico da Figura 94, é possível verificar que nenhuma das argamassas ensaiadas teve um resultado satisfatório. Mesmo com o aumento da resistência em função da ponte de aderência, o valor final não foi suficiente para garantir uma resistência mínima normatizada. É possível atribuir alguns fatores que podem ter promovido esse resultado, como o tipo de rugosidade utilizada no ensaio e até mesmo alguma falha durante a execução da ponte de aderência em função da dificuldade imposta pela aplicação. Refere-se também o fato de que este ensaio traz algumas incertezas em relação à qualidade da carotagem, da colagem e da manutenção de uma velocidade controlada durante a execução do ensaio.

Com os ensaios realizados não se conseguiu fazer uma correlação, nem qualitativa, entre os ensaios de cisalhamento oblíquo e de arrancamento. Cabe ressaltar que os corpos de prova utilizado nesse ensaio possuem 2cm de espessura.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

4.1 Conclusões

O desempenho da aderência é um fator fundamental para garantir uma ligação adequada entre dois materiais diferentes. O estudo desse trabalho teve o objetivo de analisar a resistência da aderência utilizando quatro tipos de argamassas industriais e três argamassas dosadas no laboratório, variando a idade e o tratamento da ligação (inclusão ou não de ponte de aderência). Para realizar tal efeito comparativo, os materiais foram submetidos a ensaios de cisalhamento oblíquo e ensaios de arrancamento de pastilhas.

Inicialmente, foi verificado que tanto o concreto como as argamassas atingiram resultados satisfatórios durante os ensaios de caracterização, garantindo assim um bom desempenho do material.

Quanto aos ensaios de cisalhamento oblíquo, verificou-se que:

- A utilização das fibras de PVA representaram um aumento na resistência de aderência, quando comparadas a argamassa de laboratório sem fibras;
- A ponte de aderência se mostrou eficaz garantindo um aumento da resistência de aderência;
- A idade dos elementos influencia diretamente na resistência do compósito e na tensão de aderência das argamassas analisadas;
- em relação aos tipos de ruptura analisados, todas as ligações geraram transferência de esforços esperados, garantindo assim uma boa resistência de aderência;
- Do ponto de vista normativo, todas as argamassas apresentaram resistências de aderência superiores quando comparado com o limite de 5,45MPa sugerido pelo guia para reparo em concreto (Guide to concrete repair) do Departamento do Interior dos EUA (2015);
- Na falta de maiores informações durante um projeto de reparação, pode-se estimar a resistência de aderência na junta à partir de um ensaio simples de módulo de elasticidade do material de reparo, conforme verificado durante a avaliação experimental da tensão cisalhante na interface;

Em relação aos ensaios de arrancamento, verificou-se que:

- O uso de ponte de aderência mostrou-se efetivo, tanto para as argamassas industriais como para os compósitos;
- Menores espessuras de reparo produzem maiores valores de resistência de aderência;
- O envelhecimento se traduz em ganho de resistência de aderência;
- Mesmo com o aumento da resistência em função da ponte de aderência, o valor final não foi suficiente para garantir uma resistência normatizada. É possível atribuir alguns fatores que podem ter promovido esse resultado inesperado, como o tipo de rugosidade utilizada no ensaio e até mesmo alguma falha durante a execução da ponte de aderência em função da dificuldade imposta pela aplicação.

4.2 Sugestão para trabalhos futuros

Sugere-se a utilização de outros tipos de argamassas industriais e pontes de aderência. É válida uma análise comparativa entre pontes de aderência de um fabricante, com argamassas de outros fabricantes, com o objetivo de comparar o desempenho de cada caso.

Analisar outros traços de compósitos cimentícios no intuito de verificar seu desempenho perante a ligação com o concreto.

A variação da rugosidade é um elemento de extrema importância para garantir um desempenho adequado para a ligação. Dessa forma é importante elaborar outros tipos de tratamentos utilizados convencionalmente durante o processo executivo de um reparo.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM C882 / C882M. *Standard Test Method. Bond Strength of Epoxy-Resin Systems used with Concrete by Slant Shear*, 2015.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM C1404 / C1404M. *Standard Test Method for Bond Strength of Adhesive Systems Used with Concrete as Measured by Direct Tension*, 2003.

ABNT NBR 13528: *Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – determinação da resistência de aderência à tração*. Rio de Janeiro, 2019.

ABNT NBR 16605: *Cimento Portland e outros materiais em pó — Determinação da massa específica*. Rio de Janeiro, 2017

ABNT NBR 5739:2007 - *Concreto: Ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos*. Rio de Janeiro, 2007.

ABNT NBR NM 67: *Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone*. Rio de Janeiro, 1998.

ABNT NBR NM 53: 2009 – *Agregado graúdo: Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água*. Rio de Janeiro, 2009.

ABNT NBR NM 52:2009 – *Agregado miúdo: Determinação da massa específica e massa específica aparente*. Rio de Janeiro, 2009.

ABNT NBR 45:2006 - *Agregados: Determinação da massa unitária e do volume de vazios*. Rio de Janeiro, 2006.

ABNT NBR NM30:2001 – *Agregado miúdo: Determinação da absorção de água*. Rio de Janeiro, 2001.

ABNT NBR NM 248:2003 - *Agregados: Determinação da composição granulométrica*. Rio de Janeiro, 2003.

ABNT NBR 8522:2017 - *Concreto: Determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformação à compressão*. Rio de Janeiro, 2017.

ABNT NBR 7222:2017 - *Concreto e argamassa: Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos*. Rio de Janeiro, 2017.

ABNT NBR: 12653: Materiais pozolânicos-Especificação. 1992

ABNT. NBR 13276: *Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos-Preparo da mistura e determinação do índice de consistência*. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT NBR 7215: Cimento portland: Determinação da resistência à compressão. ABNT, 1996.

ABNT NBR 9833: Concreto fresco—*Determinação da massa específica, do rendimento e do teor de ar pelo método gravimétrico*. Rio de Janeiro, 2008.

ABNT NBR 13280: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido. 2005.

BARIN, DANIEL SACCHET et al. *Carbonatação e absorção capilar em concretos de cimento portland branco com altos teores de adição de escória de alto forno e ativador químico*, 2008.

BS 6319 – Part 4. *Testing of resin compositions for use in construction. Method for measurement of bond strength (Slant Shear Test)*, British Standard Institution, London, 8pp, 1984.

BS 6319 – Part 7. *Testing of Resin Compositions for Use in Construction Part 7: Method for Measurement of Tensile Strength*, British Standard Institution, London, 10pp, 1985.

BS EN 12615. *Products and systems for the protection and repair of concrete structures. Test methods. Determination of slant shear strength*, 1999.

CLÍMACO, J.C.T.S. *Avaliação da resistência de aderência entre concretos de diferentes idades*. 31ª Reunião do IBRACON. São Paulo, 1989.

CLÍMACO, J.C.T.S. *Repair of Structural Concrete Involving the Addition of New Concrete*. Thesis. Polytechnic of Central London, 1990.

CODE, CEB-FIP Model. *Comité Euro-International du Béton Secretariat Permanent*. Case Postale, v. 88, 2010.

DIAB, A. M.; ELMOATY, M. A.; ELDIN, M. R. T. *Slant shear bond strength between self compacting concrete and old concrete*. Construction and Building Materials, 2017.

EN 1504. *Products and systems for the protection and repair of concrete structures. Definitions, requirements, quality control and evaluation of conformity. Structural and non-structural repair*, 2005.

EN 1542. *Products and systems for the protection and repair of concrete structures. Test methods - Measurement of bond strength by pull-off*, 1999.

ESPECHE, A. D.; LEÓN, J. *Estimation of bond strength envelopes for old-to-new concrete interfaces based on a cylinder splitting test*. Construction and Building Materials, 2011.

GUIDE, Concrete Repair. ACI 546R-04. 2004.

GUSMÃO, A.C. *Aderência do concreto de pós reativos ao concreto convencional*. Dissertação de mestrado, UFV, 2017.

HE, Y.; ZHANG, X.; *Effects of interface roughness and interface adhesion on new-to-old concrete bonding*. Construction and Building Materials, 2017.

HELENE, P.R.L. *Ensaio para controle de adesivos epóxi destinados a estrutura de Concreto*. Tecnologia de Edificações (IPT), São Paulo, Pini, 1988.

JULIO E.N.B.S., BRANCO F.A.B., SILVA V.D. *Concrete-to-concrete bond strength. Influence of the roughness of the substrate surface*. Construction and Building Materials, v.18:9, p. 675-681. Elsevier, 2004.

KOJIMA, S.; SAKATA, N.; KANDA, T.; HIRAISHI, T. *Application of Direct Sprayed ECC for Retrofitting Dam Structure Surface – Application Mitaka Dam*. Concrete Journal, v. 42, n. 5, p. 135-139, 2004.

LI, V.C. *Strategies for High Performance Fiber Reinforced Cementitious Composites Development*. Proceedings of International Workshop on Advances in Fiber Reinforced Concrete, Bergamo, Italy, p. 93-98, 2004.

LUSTOSA, P. R. ; MAGALHÃES, M.S. . *Influence of fly ash on the compressive strength and young's modulus of concrete*. In: 3rd International Conference on Bio-Based Building Materials - ICBBM, 2019, Belfast, Irlanda do Norte. 3rd International Conference on Bio-Based Building Materials - ICBBM, 2019.

MADEIRO, F.I.A. *Estudo da aderência entre concreto e argamassas*. Dissertação de mestrado. 157p. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2019.

MAGALHÃES, M.S. *Caracterização experimental de compósitos cimentícios reforçados com fibras de PVA: processo de fratura, propriedades térmicas, deformações diferidas e estabilidade térmica*, Tese de doutorado, PEC/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2010.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. *Concrete Microstructure, Properties, and Materials* – Third Edition. McGraw-Hill, 2006.

MIRMOGHATADEI, R.; MOHAMMADI M.; SAMANI N.A.; MOUSAVI S. *The impact of surface preparation on the bond strength of repaired concrete by metakaolin containing concrete*. *Construction and Building Materials*, v. 80, p. 76-83, 2015.

MOMAYEZ A.; EHSANI M.R.; RAMEZANIANPOUR A.A.; RAJAIE H. *Comparison of methods for evaluating bond strength between concrete substrate and repair materials*. *Cement and Concrete Research* v. 35, p. 748-757, 2005.

NAAMAN, A.E. *Fiber reinforced concrete: five decades of progress*. Brazilian Conference on Composite Materials, Rio de Janeiro, p. 35-56, 2018.

NM 47: *Concreto–Determinação do teor de ar em concreto fresco–Método pressométrico*. Rio de Janeiro, 2002.

NP EN 1504 parte 3 – *Produtos e Sistemas para proteção e reparação de estruturas de betão. Definições, requisitos, controlo da qualidade e avaliação da conformidade*. Parte 3: reparação estrutural e não estrutural, 2006.

NP EN 1504 parte 4 – *Produtos e Sistemas para proteção e reparação de estruturas de betão. Definições, requisitos, controlo da qualidade e avaliação da conformidade*. Parte 4: colagem estrutural. 2006.

SANTANA, L. A. *Estudo da aderência entre concretos de diferentes idades*. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. 92p. Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2004.

SOUZA, R.H.F. *Análise do comportamento de vigas de betão armado reforçadas à flexão e ao esforço transversal*. Tese de Doutoramento, IST, Lisboa, 320p.,1990.

SOUZA, R.H.F. *Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto*. Notas de Aula. Faculdade de Engenharia, PGECIV, UERJ, 2009.

U.S. Department of Interior. *Guide to concrete repair*. Second edition. Bureau of Reclamation, Technical Service Center, August 2015.

WANG, S., LI, V.C. *Polyvinyl Alcohol Fiber Reinforced Engineered Cementitious Composites: Material Design and Performances*. *Proceedings of Int'l workshop on HPFRCC in structural applications*, Honolulu, Hawaii, USA, may, p. 23-26, 2005.

ZANOTTI, C.; BORGES, BANTHIA, N, PLIZZARI, G. - *A study of some factors affecting bond in cementitious fiber reinforced repairs*. *Cement and Concrete Composites*, v. 63, p. 117-126, 2014.

ZANOTTI, C.; BORGES, P.H.R.; BHUTTA, A.; BANTHIA,N. - *Bond strength between concrete substrate and metakaolin geopolymer repair mortar: Effect of curing regime and PVA fiber reinforcement*. *Cement and Concrete Composites*, v. 80, p. 307-316, 2017.

ZANOTTI, C.; ROSTAGNO. G.; TINGLEY, B. - *Further evidence of interfacial adhesive bond strength enhancement through fiber reinforcement in repairs*. *Construction and Building Materials*, v. 160, p. 775-785, 2018.

ANEXOS**ANEXO A – ENSAIOS DO AGREGADO MIÚDO – AREIA****ANEXO B – ENSAIOS DO AGREGADO GRAÚDO – BRITA****ANEXO C – ENSAIO DA CINZA VOLANTE****ANEXO D – DOSAGEM DO CONCRETO****ANEXO E – CARACTERIZAÇÃO DO CONCRETO****ANEXO F – CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS****ANEXO G – RESULTADOS DO ENSAIO DE CISLHAMENTO OBLÍQUO****ANEXO H – RESULTADOS DO ENSAIO DE ARRANCAMENTO****ANEXO I – RESULTADOS DOS EXTENSÔMETROS**

	UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO							ANEXO: A			
	PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL							FLS:	1/1		
	ESTUDO DA ADERÊNCIA ENTRE CONCRETO E ARGAMASSAS INDUSTRIAIS E COMPOSITOS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM FIBRAS: AVALIAÇÃO EM DIFERENTES IDADES AO LONGO DO TEMPO E DO USO DE PONTE DE ADERÊNCIA.							LOCAL :	UERJ		
								DATA:	14/jun/18		
RESULTADOS DE ENSAIOS E CARACTERIZAÇÕES											
ENSAIO FÍSICO NO AGREGADO MIÚDO - AREIA											
1) GRANULOMETRIA DO AGREGADO MIÚDO (NBR NM 248/2003)											
Abertura da malha das peneiras (mm)	a) massa inicial seca (gr) = 1.152,2				(Vr) Massa retida	(Mrm) Massa retida média	(Mra) Massa retida acumulada	Faixas em relação as % retidas acumuladas			
	b) massa inicial seca (gr) = 1.302,1							Variações ± 4 %	%	%	Limites Inferiores
	(Mrg) Massa retida (gr)		(Mr%) Massa retida (%)		Zona Utilizável	Zona Ótima	Zona Utilizável				Zona Ótima
	Ensaio a	Ensaio b	Ensaio a	Ensaio b							
12,5	0,0	0,0	0,00%	0,00%	0,0%	0,0%	0,0%	0	0	0	0
9,5	0,0	0,0	0,00%	0,00%	0,0%	0,0%	0,0%	0	0	0	0
6,3	8,2	9,2	0,71%	0,71%	0,0%	0,7%	0,7%	0	0	0	7
4,75	6,0	7,5	0,52%	0,58%	0,1%	0,5%	1,3%	0	0	5	10
2,36	38,2	50,1	3,32%	3,85%	0,5%	3,6%	4,8%	0	10	20	25
1,18	148,9	175,7	12,96%	13,49%	0,5%	13,2%	18,1%	5	20	30	50
0,6	362,2	415,4	31,52%	31,89%	0,4%	31,7%	49,8%	15	35	55	70
0,3	424,1	460,4	36,90%	35,34%	1,6%	36,1%	85,9%	50	65	85	95
0,15	132,1	154,4	11,49%	11,85%	0,4%	11,7%	97,6%	85	90	95	100
Fundo	29,5	29,9	2,57%	2,30%	0,3%	2,4%	100,0%	100	100	100	100
(Mt) Total Σ	1.149,2	1.302,6	Módulo de Finura = 2,57				Diâmetro máximo = 2,36				
Mt = (S de Mrg) Mr% = (Mrg / Mt) * 100 Vr = (Mr% ensaio a - Mr% ensaio b) Mrm = (Mr% ensaio a + Mr% ensaio b)/2 Mra = (ΣMrm Massa retida me Módulo finura = Σ % retidas acumuladas, nas peneiras da serie normal / 100 D. máximo = abertura da peneira na qual apresenta % retida acumulada											
2) MASSA ESPECÍFICA DO AGREGADO MIÚDO (NM 52/2009)											
Massa de agregado seco para o ensaio: Ms (g)										497,6	
Volume do frasco: Vf (cm³)										500	
Massa do frasco + agregado: M1 (g)										865,1	
Massa do frasco + agregado + água: M2 (g)										1165,6	
Massa específica da água: Me.a (g/cm³)										0,99681	
Volume de água adicionado ao frasco: Va = M2 - M1 / Me.a (m³)										301,46	
Massa específica do agregado seco: Me.ag_s = Ms / (Vf - Va) (g/cm³)										2,51	
Massa da areia (agregado) na condição saturada superfície seca: Mag.sss (g)										500	
Massa específica da areia (agregado) saturado superfície seca: Me.ag_sss = Mag.sss / (Vf - Va) (g/cm³)										2,52	
Massa específica: Me = ((Ms / (Vf - Va)) - ((Mag.sss - Ms) / Me.a)) (g/cm³)										2,54	
3) UMIDADE (NBR NM 30/2001)											
Massa do agregado úmido: Mh (g)										521,68	
Massa do agregado seco: Ms (g)										497,6	
Umidade: U = [(Mh - Ms) / (Ms)]										0,05	
Porcentagem de umidade media (%)										4,84	
4) ABSORÇÃO (NBR NM 53/2003)											
Massa do agregado saturado: Mst (g)										500	
Massa do agregado seco: Ms (g)										497,6	
Umidade: U = [(Mst - Ms) / (Ms)]										0,005	
Porcentagem de umidade media (%)										0,482	
5) MASSA UNITÁRIA (NBR NM 45/2006)											
Massa do recipiente + agregado: Mar (Kg)										2492,5	
Massa do recipiente vazio: Mr (Kg)										476,3	
Massa de água necessária para encher o recipiente: Ma (Kg)										1701,5	
Massa específica da água à sua temperatura de ensaio (23°C): Me.a (Kg/m³)										996,81	
Volume do recipiente: V = Ma / Me.a (m³)										1,707	
Massa unitária do agregado: M.u = Mar - Mr / V (Kg/m³)										1181,17	

	UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO							ANEXO:B			
	PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL							FLS:	1/1		
	ESTUDO DA ADERENCIA ENTRE CONCRETO E ARGAMASSAS INDUSTRIAIS E COMPOSITOS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM FIBRAS: AVALIAÇÃO EM DIFERENTES IDADES AO LONGO DO TEMPO E DO USO DE PONTE DE ADERÊNCIA.							LOCAL :	UERJ		
	RESULTADOS DE ENSAIOS E CARACTERIZAÇÕES							DATA:	14/jun/18		
ENSAIO FÍSICO DO AGREGADO GRAÚDO - BRITA 0											
1) GRANULOMETRIA DO AGREGADO GRAÚDO (NBR NM 248/2003)											
Abertura da malha das peneiras (mm)	a) massa inicial seca (g) = 5.049,7				(Vr)	(Mrm)	(Mra)	Faixas em relação as % retidas acumuladas			
	b) massa inicial seca (g) = 5.124,3				Massa retida	Massa retida	Massa retida	Limites Inferiores		Limites Superiores	
	(Mrg) Massa retida (gr)		(Mr%) Massa retida (%)		Variações	média	acumulada	Zona	Zona	Zona	Zona
	Ensaio a	Ensaio b	Ensaio a	Ensaio b	± 4 %	(%)	(%)	Utilizável	Ótima	Utilizável	Ótima
25	0,0	0,0	0,00%	0,00%	0,0%	0,0%	0,0%	0	0	0	0
19	166,0	127,9	3,29%	2,50%	0,8%	2,9%	2,9%	0	0	0	0
12,5	2.549,3	2.744,2	50,49%	53,59%	3,1%	52,0%	54,9%	0	0	0	7
9,5	1.808,8	1.823,7	35,83%	35,61%	0,2%	35,7%	90,7%	0	0	5	10
6,3	417,8	296,5	8,28%	5,79%	2,5%	7,0%	97,7%	0	10	20	25
4,75	26,8	40,3	0,53%	0,79%	0,3%	0,7%	98,3%	5	20	30	50
2,36	30,1	37,8	0,60%	0,74%	0,1%	0,7%	99,0%	15	35	55	70
Fundo	50,0	50,8	0,99%	0,99%	0,0%	1,0%	100,0%	100	100	100	100
(Mt) Total Σ	5.048,8	5.121,2	Módulo de Finura = 3,89				Diâmetro máximo = 19,0				
Mt = (S de Mrg) Mr% = (Mrg / Mt) * 100 Vr = (Mr% ensaio a - Mr% ensaio b) Mrm = (Mr% ensaio a + Mr% ensaio b) / 2 Mra = (ΣMrm Massa retida media)											
Módulo finura = Σ % retidas acumuladas, nas peneiras da serie normal / 100 D. máximo = abertura da peneira na qual apresenta % retida acumulada ≤ 5%											
2) MASSA ESPECÍFICA DO AGREGADO GRAÚDO (NBR NM 53/2009)											
Massa da amostra seca: Ms (g)							3239				
Massa da amostra em água: Ma (g)							2051				
Massa da amostra em condição saturada superfície seca (SSS): Mss(g)							3270				
Massa específica do agregado seco: Me.s = Ms / (Ms - Ma) (g/cm³)							2,73				
Massa específica do agregado SSS: Me.sss = Msss / (Msss - Ma) (g/cm³)							2,68				
Massa específica aparente: Me.ap = Ms / (Msss - Ma) (g/cm³)							2,66				
3) UMIDADE (NBR NM 30/2001)											
Massa do agregado úmido: Mh (g)							3258				
Massa do agregado seco: Ms (g)							3239				
Umidade: [(Mh - Ms) / (Ms)]							0,0058				
Porcentagem de umidade media: [(Mh - Ms) / (Ms)] * 100 (%)							0,58				
4) ABSORÇÃO (NBR NM 53/2003)											
Massa do agregado saturado: Mst(g)							3270				
Massa do agregado seco: Ms (g)							3239				
Umidade = [(Mst - Ms) / (Ms)]							0,0096				
Porcentagem de umidade media: [(Mst - Ms) / (Ms)] * 100 (%)							0,96				
5) MASSA UNITÁRIA (NBR NM 45/2006)											
Massa do recipiente + agregado: Mar (Kg)							2462,4				
Massa do recipiente vazio: Mr (Kg)							476,3				
Massa de água necessária para encher o recipiente: Ma (Kg)							1701,5				
Massa específica da água à sua temperatura de ensaio (23°C): Me.a (Kg/m³)							996,81				
Volume do recipiente: V = Ma / Me.a (m³)							1,707				
Massa unitária do agregado: M.u = Mar - Mr / V (Kg/m³)							1163,54				

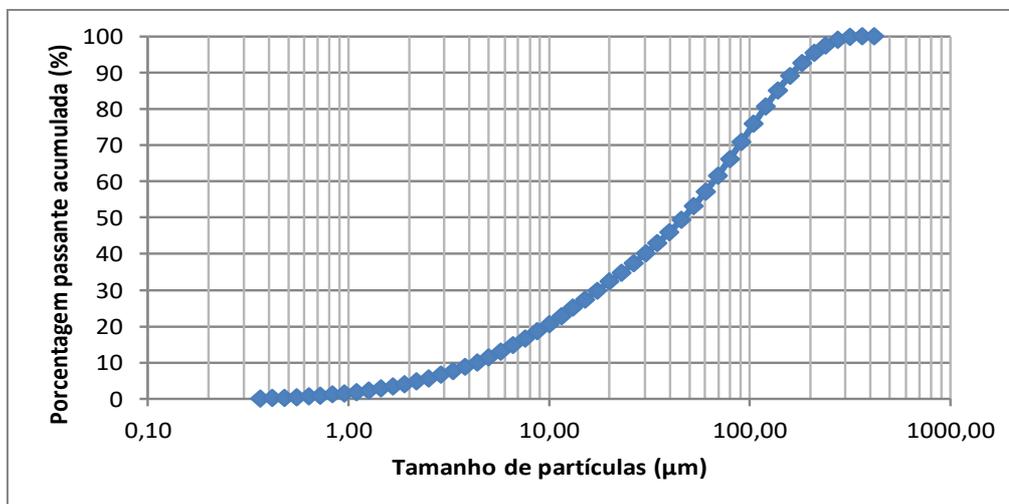
	UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO		ANEXO C	
	PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL		FLS:	1/1
	ESTUDO DA ADERÊNCIA ENTRE CONCRETO E ARGAMASSAS INDUSTRIAIS E COMPOSITOS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM FIBRAS: AVALIAÇÃO EM DIFERENTES IDADES AO LONGO DO TEMPO E DO USO DE PONTE DE ADERÊNCIA.		LOCAL :	UERJ
	RESULTADOS DE ENSAIOS E CARACTERIZAÇÕES		DATA:	09/jul/17

CINZA VOLANTE

GRANULOMETRIA DA CINZA VOLANTE (NBR 16605/2017)

Tamanho da partícula	% passante acumulada						
0,36	0,00	2,19	4,74	13,18	25,06	79,43	66,10
0,42	0,07	2,51	5,56	15,14	27,40	91,20	70,93
0,48	0,18	2,88	6,48	17,38	29,79	104,71	75,80
0,55	0,33	3,31	7,51	19,95	32,23	120,23	80,56
0,63	0,52	3,80	8,66	22,91	34,73	138,04	85,04
0,72	0,77	4,37	9,95	26,30	37,32	158,49	89,06
0,83	1,06	5,01	11,38	30,20	40,02	181,97	92,52
0,95	1,41	5,75	12,95	34,67	42,88	208,93	95,33
1,10	1,80	6,61	14,67	39,81	45,97	239,88	97,48
1,26	2,26	7,59	16,52	45,71	49,34	275,42	98,98
1,45	2,77	8,71	18,50	52,48	53,04	316,23	99,85
1,66	3,35	10,00	20,59	60,26	57,08	363,08	99,99
1,91	4,00	11,48	22,78	69,18	61,45	416,87	100,00

CURVA GRANULOMÉTRICA



OBSERVAÇÕES

A distribuição do tamanho das partículas das cinzas volantes foi obtida usando o equipamento Mastersizer 2000.
 A cinza volante tem uma ampla faixa de tamanho de partículas, com partículas grosseiras com tamanho de até 417 µm.
 A distribuição tem as seguintes características:
 d10 igual a 4,37 µm; tamanho médio da partícula d50 de 47,51 µm; d90 é 158,49 µm.

	UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO			ANEXO D																																																								
	PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL			FLS:	1/1																																																							
	ESTUDO DA ADERÊNCIA ENTRE CONCRETO E ARGAMASSAS INDUSTRIAIS E COMPOSITOS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM FIBRAS: AVALIAÇÃO EM DIFERENTES IDADES AO LONGO DO TEMPO E DO USO DE PONTE DE ADERÊNCIA.			LOCAL :	UERJ																																																							
	RESULTADOS DE ENSAIOS E CARACTERIZAÇÕES			DATA:	15/ago/18																																																							
CONCRETAGEM																																																												
INFORMAÇÕES GERAIS																																																												
<p>CAPACIDADE MÁXIMA DA BETONEIRA (L): 400</p> <p>CAPACIDADE REAL DA BETONEIRA (L): 180 (1 saco de cimento) 0,18</p> <p>SLUMP DESEJADO (mm): ENTRE 25 E 100</p>																																																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>MATERIAL</th> <th>QTD. P/ 1M³ CONCRETO (KG) - S/ CORREÇÃO</th> <th>QTD. P/ 1M³ CONCRETO (KG) - C/ CORREÇÃO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cimento</td> <td>488,35</td> <td>488,35</td> </tr> <tr> <td>Areia</td> <td>737,40</td> <td>742,93</td> </tr> <tr> <td>Brita</td> <td>835,07</td> <td>834,52</td> </tr> <tr> <td>Água</td> <td>233,72</td> <td>234,27</td> </tr> </tbody> </table>						MATERIAL	QTD. P/ 1M ³ CONCRETO (KG) - S/ CORREÇÃO	QTD. P/ 1M ³ CONCRETO (KG) - C/ CORREÇÃO	Cimento	488,35	488,35	Areia	737,40	742,93	Brita	835,07	834,52	Água	233,72	234,27																																								
MATERIAL	QTD. P/ 1M ³ CONCRETO (KG) - S/ CORREÇÃO	QTD. P/ 1M ³ CONCRETO (KG) - C/ CORREÇÃO																																																										
Cimento	488,35	488,35																																																										
Areia	737,40	742,93																																																										
Brita	835,07	834,52																																																										
Água	233,72	234,27																																																										
1ª BETONADA																																																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">MODELO</th> <th colspan="3">VOLUME</th> <th rowspan="2">CIMENTO</th> <th rowspan="2">AREIA</th> <th rowspan="2">BRITA</th> <th rowspan="2">ÁGUA</th> </tr> <tr> <th>M³</th> <th>M³ (perda)</th> <th>L</th> <th colspan="4">COM CORREÇÃO (em kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>cilindros</td> <td>0,02512</td> <td>0,02713</td> <td>27,13</td> <td>13,25</td> <td>20,16</td> <td>22,64</td> <td>6,36</td> </tr> <tr> <td>placas</td> <td>0,054</td> <td>0,05832</td> <td>58,32</td> <td>28,48</td> <td>43,33</td> <td>48,67</td> <td>13,66</td> </tr> <tr> <td>slant shear</td> <td>0,08000</td> <td>0,08640</td> <td>86,40</td> <td>42,19</td> <td>64,19</td> <td>72,10</td> <td>20,24</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0,1718496</td> <td>171,85</td> <td>83,92</td> <td>127,67</td> <td>143,41</td> <td>40,26</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">Total (Kg)</td> <td>167,85</td> <td>255,34</td> <td>286,82</td> <td>80,52</td> </tr> </tbody> </table> <p>Perda (%) = 8 Slump (cm) = 22.0</p> <p>OBSERVAÇÕES:</p>						MODELO	VOLUME			CIMENTO	AREIA	BRITA	ÁGUA	M ³	M ³ (perda)	L	COM CORREÇÃO (em kg)				cilindros	0,02512	0,02713	27,13	13,25	20,16	22,64	6,36	placas	0,054	0,05832	58,32	28,48	43,33	48,67	13,66	slant shear	0,08000	0,08640	86,40	42,19	64,19	72,10	20,24			0,1718496	171,85	83,92	127,67	143,41	40,26	Total (Kg)				167,85	255,34	286,82	80,52
MODELO	VOLUME			CIMENTO	AREIA		BRITA	ÁGUA																																																				
	M ³	M ³ (perda)	L			COM CORREÇÃO (em kg)																																																						
cilindros	0,02512	0,02713	27,13	13,25	20,16	22,64	6,36																																																					
placas	0,054	0,05832	58,32	28,48	43,33	48,67	13,66																																																					
slant shear	0,08000	0,08640	86,40	42,19	64,19	72,10	20,24																																																					
		0,1718496	171,85	83,92	127,67	143,41	40,26																																																					
Total (Kg)				167,85	255,34	286,82	80,52																																																					

	UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO		ANEXO E	
	PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL		FLS:	1/4
	ESTUDO DA ADERÊNCIA ENTRE CONCRETO E ARGAMASSAS INDUSTRIAIS E COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM FIBRAS: AVALIAÇÃO EM DIFERENTES IDADES AO LONGO DO TEMPO E DO USO DE PONTE DE ADERÊNCIA.		LOCAL :	UERJ
			DATA:	12/set/18
RESULTADOS DE ENSAIOS E CARACTERIZAÇÕES				

CARACTERIZAÇÃO DO CONCRETO - 28 DIAS

1) ENSAIO DE COMPRESSÃO AXIAL (ABNT NBR 5739/2018)

N° CP	BETONAGEM	F (kgf)	fc (MPa)
1	Primeira	29.670,00	37,77

Legenda: F: força máxima alcançada
 fc: resistência à compressão, calculada pela fórmula: $fc = (4F) / \eta_l \times d^2$

2) ENSAIO DE MÓDULO DE ELASTICIDADE (ABNT NBR 8522/2017)

> Para este ensaio foi utilizado o módulo de deformação tangente inicial, empregado geralmente quando se requer caracterizar deformações de concreto submetido a tensões baixas.

> Aplicou-se a metodologia A, especificada na NBR 8522:2017, mantendo a tensão do limite superior (σ_b) fixa.

2.1) MÉTODO DE CÁLCULO

$$E_{ci} = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} 10^{-3} = \frac{\sigma_b - 0,5}{\varepsilon_b - \varepsilon_a} 10^{-3}$$

Onde:

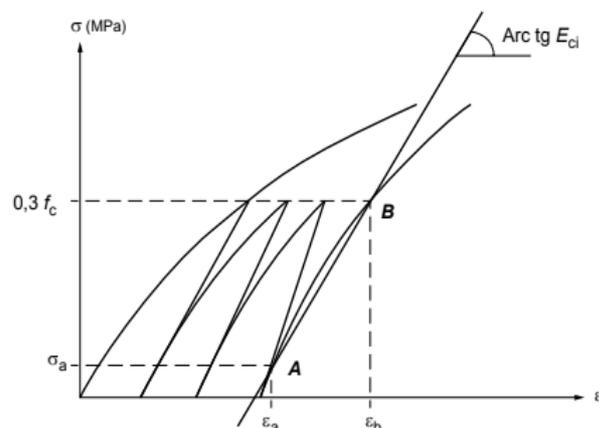
E_{ci} = módulo de elasticidade de cada corpo de prova, em gigapascal (Gpa)

σ_b = é a tensão maior, considerada com 30% da resistência à compressão, expressa em megapascals (Mpa)

0,5 = é o valor da tensão básica, expresso em megapascals (Mpa)

ε_b = é a deformação específica do concreto, conforme gráfico abaixo, sob a tensão maior

ε_a = é a deformação específica do concreto sob a tensão básica.



	UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO			ANEXO E																																
	PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL			FLS:	2/4																															
	ESTUDO DA ADERÊNCIA ENTRE CONCRETO E ARGAMASSAS INDUSTRIAIS E COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM FIBRAS: AVALIAÇÃO EM DIFERENTES IDADES AO LONGO DO TEMPO E DO USO DE PONTE DE ADERÊNCIA.			LOCAL :	UERJ																															
				DATA:	12/set/18																															
RESULTADOS DE ENSAIOS E CARACTERIZAÇÕES																																				
CARACTERIZAÇÃO DO CONCRETO - 28 DIAS																																				
2) ENSAIO DE MÓDULO DE ELASTICIDADE (ABNT NBR 8522/2017)																																				
2.2) CORPOS DE PROVA ENSAIADOS																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N CP</th> <th>DATA ENSAIO</th> <th>Fc (Mpa)</th> <th>σ_b (MPa)</th> <th>σ_a (MPa)</th> <th>média ϵ_b (μm)</th> <th>média ϵ_a (μm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>12/09/2018</td> <td>33,54</td> <td>10,06</td> <td>0,5</td> <td>35,5</td> <td>2,5</td> </tr> </tbody> </table>							N CP	DATA ENSAIO	Fc (Mpa)	σ_b (MPa)	σ_a (MPa)	média ϵ_b (μm)	média ϵ_a (μm)	1	12/09/2018	33,54	10,06	0,5	35,5	2,5																
N CP	DATA ENSAIO	Fc (Mpa)	σ_b (MPa)	σ_a (MPa)	média ϵ_b (μm)	média ϵ_a (μm)																														
1	12/09/2018	33,54	10,06	0,5	35,5	2,5																														
Eci,cp1 = 28.969,70 MPa																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N CP</th> <th>DATA ENSAIO</th> <th>Fc (Mpa)</th> <th>σ_b (MPa)</th> <th>σ_a (MPa)</th> <th>média ϵ_b (μm)</th> <th>média ϵ_a (μm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>12/09/2018</td> <td>33,54</td> <td>10,06</td> <td>0,5</td> <td>36</td> <td>3,5</td> </tr> </tbody> </table>							N CP	DATA ENSAIO	Fc (Mpa)	σ_b (MPa)	σ_a (MPa)	média ϵ_b (μm)	média ϵ_a (μm)	2	12/09/2018	33,54	10,06	0,5	36	3,5																
N CP	DATA ENSAIO	Fc (Mpa)	σ_b (MPa)	σ_a (MPa)	média ϵ_b (μm)	média ϵ_a (μm)																														
2	12/09/2018	33,54	10,06	0,5	36	3,5																														
Eci,cp2 = 29.415,38 MPa																																				
3) ENSAIO TRAÇÃO DIÂMETRAL (ABNT NBR 7222/2011)																																				
σ tração = $2P / \pi D L$																																				
<p>Onde:</p> <p>P= carga máxima, N</p> <p>D = diâmetro do corpo de prova, mm</p> <p>L= comprimento do corpo de prova, mm</p>																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>CP</th> <th>BETONADA</th> <th>Pu</th> <th>d</th> <th>L</th> <th>fct (MPa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>4</td> <td>1</td> <td>100000,00</td> <td>99,2</td> <td>199,8</td> <td>3,21198</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>1</td> <td>100000,00</td> <td>99,2</td> <td>200,2</td> <td>3,20556</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>1</td> <td>116000,00</td> <td>100,5</td> <td>199,5</td> <td>3,68323</td> </tr> <tr> <td>Tensão média (MPa)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>3,36693</td> </tr> </tbody> </table>							CP	BETONADA	Pu	d	L	fct (MPa)	4	1	100000,00	99,2	199,8	3,21198	5	1	100000,00	99,2	200,2	3,20556	6	1	116000,00	100,5	199,5	3,68323	Tensão média (MPa)					3,36693
CP	BETONADA	Pu	d	L	fct (MPa)																															
4	1	100000,00	99,2	199,8	3,21198																															
5	1	100000,00	99,2	200,2	3,20556																															
6	1	116000,00	100,5	199,5	3,68323																															
Tensão média (MPa)					3,36693																															

	UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO		ANEXO E									
	PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL		FLS:	3/4								
	ESTUDO DA ADERÊNCIA ENTRE CONCRETO E ARGAMASSAS INDUSTRIAIS E COMPOSTOS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM FIBRAS: AVALIAÇÃO EM DIFERENTES IDADES AO LONGO DO TEMPO E DO USO DE PONTE DE ADERÊNCIA.		LOCAL :	UERJ								
			DATA:	13/dez/18								
RESULTADOS DE ENSAIOS E CARACTERIZAÇÕES												
CARACTERIZAÇÃO DO CONCRETO - 120 DIAS												
1) ENSAIO DE COMPRESSÃO AXIAL (ABNT NBR 5739/2018)												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N° CP</th> <th>BETONAGEM</th> <th>F (kgf)</th> <th>fc (Mpa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10</td> <td>Primeira</td> <td>37.140,00</td> <td>46,5700</td> </tr> </tbody> </table>					N° CP	BETONAGEM	F (kgf)	fc (Mpa)	10	Primeira	37.140,00	46,5700
N° CP	BETONAGEM	F (kgf)	fc (Mpa)									
10	Primeira	37.140,00	46,5700									
<p>Legenda: F: força máxima alcançada fc: resistência à compressão, calculada pela fórmula: $f_c = (4F) / \pi \times d^2$</p>												
2) ENSAIO DE MÓDULO DE ELASTICIDADE (ABNT NBR 8522/2017)												
<p>> Para este ensaio foi utilizado o módulo de deformação tangente inicial, empregado geralmente quando se requer caracterizar deformações de concreto submetido a tensões baixas.</p> <p>> Aplicou-se a metodologia A, especificada na NBR 8522:2017, mantendo a tensão do limite superior (σ_b) fixa.</p>												
2.1) MÉTODO DE CÁLCULO												
$E_{cti} = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} 10^{-3} = \frac{\sigma_b - 0,5}{\varepsilon_b - \varepsilon_a} 10^{-3}$												
<p>Onde:</p> <p>$E_{ci,ci}$ = módulo de elasticidade de cada corpo de prova, em gigapascal (Gpa)</p> <p>σ_b = é a tensão maior, considerada com 30% da resistência à compressão, expressa em megapascals (Mpa)</p> <p>0,5 = é o valor da tensão básica, expresso em megapascals (Mpa)</p> <p>ε_b = é a deformação específica do concreto, conforme gráfico abaixo, sob a tensão maior</p> <p>ε_a = é a deformação específica do concreto sob a tensão básica.</p>												

	UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO			ANEXO E																															
	PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL			FLS:	4/4																														
	ESTUDO DA ADERÊNCIA ENTRE CONCRETO E ARGAMASSAS INDUSTRIAIS E COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM FIBRAS: AVALIAÇÃO EM DIFERENTES IDADES AO LONGO DO TEMPO E DO USO DE PONTE DE ADERÊNCIA.			LOCAL :	UERJ																														
				DATA:	13/dez/18																														
RESULTADOS DE ENSAIOS E CARACTERIZAÇÕES																																			
CARACTERIZAÇÃO DO CONCRETO - 120 DIAS																																			
2) ENSAIO DE MÓDULO DE ELASTICIDADE (ABNT NBR 8522/2017)																																			
2.2) CORPOS DE PROVA ENSAIADOS																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N CP</th> <th>DATA ENSAIO</th> <th>Fc (Mpa)</th> <th>σ_b (MPa)</th> <th>σ_a (MPa)</th> <th>média ϵ_b (μm)</th> <th>média ϵ_a (μm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10</td> <td>13/12/2018</td> <td>46,57</td> <td>13,97</td> <td>0,5</td> <td>38</td> <td>2,5</td> </tr> </tbody> </table>						N CP	DATA ENSAIO	Fc (Mpa)	σ_b (MPa)	σ_a (MPa)	média ϵ_b (μm)	média ϵ_a (μm)	10	13/12/2018	46,57	13,97	0,5	38	2,5																
N CP	DATA ENSAIO	Fc (Mpa)	σ_b (MPa)	σ_a (MPa)	média ϵ_b (μm)	média ϵ_a (μm)																													
10	13/12/2018	46,57	13,97	0,5	38	2,5																													
Eci,cp10 = 37.943,66 MPa																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N CP</th> <th>DATA ENSAIO</th> <th>Fc (Mpa)</th> <th>σ_b (MPa)</th> <th>σ_a (MPa)</th> <th>média ϵ_b (μm)</th> <th>média ϵ_a (μm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>11</td> <td>13/12/2018</td> <td>46,57</td> <td>13,97</td> <td>0,5</td> <td>38</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>						N CP	DATA ENSAIO	Fc (Mpa)	σ_b (MPa)	σ_a (MPa)	média ϵ_b (μm)	média ϵ_a (μm)	11	13/12/2018	46,57	13,97	0,5	38	1																
N CP	DATA ENSAIO	Fc (Mpa)	σ_b (MPa)	σ_a (MPa)	média ϵ_b (μm)	média ϵ_a (μm)																													
11	13/12/2018	46,57	13,97	0,5	38	1																													
Eci,cp11 = 36.405,41 MPa																																			
3) ENSAIO TRAÇÃO DIÂMETRAL (ABNT NBR 7222/2011)																																			
σ tração = $2P / \pi D L$																																			
<p>Onde:</p> <p>P= carga máxima, N</p> <p>D = diâmetro do corpo de prova, mm</p> <p>L= comprimento do corpo de prova, mm</p>																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>CP</th> <th>BETONADA</th> <th>Pu</th> <th>d</th> <th>L</th> <th>fct (MPa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>14</td> <td>1</td> <td>119000,00</td> <td>100</td> <td>200</td> <td>3,78789</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>1</td> <td>129000,00</td> <td>100</td> <td>200</td> <td>4,10620</td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>1</td> <td>120000,00</td> <td>100</td> <td>200</td> <td>3,81972</td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;">Tensão média (MPa)</td> <td>3,90460</td> </tr> </tbody> </table>						CP	BETONADA	Pu	d	L	fct (MPa)	14	1	119000,00	100	200	3,78789	15	1	129000,00	100	200	4,10620	16	1	120000,00	100	200	3,81972	Tensão média (MPa)					3,90460
CP	BETONADA	Pu	d	L	fct (MPa)																														
14	1	119000,00	100	200	3,78789																														
15	1	129000,00	100	200	4,10620																														
16	1	120000,00	100	200	3,81972																														
Tensão média (MPa)					3,90460																														

	UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO		ANEXO F	
	PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL		FLS:	1/6
	ESTUDO DA ADERÊNCIA ENTRE CONCRETO E ARGAMASSAS INDUSTRIAIS E COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM FIBRAS: AVALIAÇÃO EM DIFERENTES IDADES AO LONGO DO TEMPO E DO USO DE PONTE DE ADERÊNCIA.		LOCAL :	UERJ
			DATA:	06/dez/18

RESULTADOS DE ENSAIOS E CARACTERIZAÇÕES

CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS

INFORMAÇÕES DOS CORPOS DE PROVA (ensaio aos 28 dias)

N° CP	BETONAGEM	DATA BETONAGEM	DATA RETIRADA CÂMERA ÚMIDA	DIÂMETRO (d) (em cm)	ALTURA (h) (em cm)	PESO (em g)	TIPO ENSAIO		
1	SIKA TIX	06 de novembro de 2018	04 de dezembro de 2018	4,60	9,70		Compressão Axial (fc)		
2				4,55	9,65		Compressão Axial (fc)		
3				4,50	9,70		Compressão Axial (fc)		
4				4,60	9,40		Módulo de Elasticidade (Ec)		
5				4,60	9,40		Módulo de Elasticidade (Ec)		
6				4,60	9,40		Módulo de Elasticidade (Ec)		
7				4,55	10,00		Compressão Diametral (fct)		
8				4,60	10,00		Compressão Diametral (fct)		
9				4,55	10,10		Compressão Diametral (fct)		
10				4,60	10,10	360,00	Massa Específica		
11				4,50	10,15	352,00	Massa Específica		
12				4,60	10,00	347,00	Massa Específica		
1	SIKA 622			06 de novembro de 2018	04 de dezembro de 2018	4,60	9,40		Módulo de Elasticidade (Ec)
2						4,60	9,60		Compressão Axial (fc)
3						4,55	9,40		Módulo de Elasticidade (Ec)
4						4,60	9,50		Compressão Axial (fc)
5						4,60	9,40		Módulo de Elasticidade (Ec)
6						4,50	9,50		Compressão Axial (fc)
7						4,50	10,10	338,00	Massa Específica
8						4,50	9,50	340,00	Massa Específica
9						4,50	10,10	332,00	Massa Específica
10						4,60	10,00		Compressão Diametral (fct)
11						4,60	10,00		Compressão Diametral (fct)
12						4,60	10,20		Compressão Diametral (fct)
1	ZENTRIFIX CR	06 de novembro de 2018	04 de dezembro de 2018			4,55	9,82		Compressão Axial (fc)
2						4,60	9,79		Módulo de Elasticidade (Ec)
3						4,60	7,60		Módulo de Elasticidade (Ec)
4						4,57	9,62		Compressão Axial (fc)
5						4,62	9,89		Compressão Axial (fc)
6						4,58	9,92		Módulo de Elasticidade (Ec)

INFORMAÇÕES DOS ENSAIOS

Os ensaios foram realizados no laboratório de Engenharia Civil (LEC) da UERJ.

Todos os CP's ensaiados tem geometria cilíndrica, com dimensões nominais de 5 cm de diâmetro e 10 cm de altura.

Os resultados dos ensaios saem em Kilograma-força (kgf), quando referente às cargas, e em megapascal(Mpa), quando referente à tensão.

		UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO				ANEXO F			
		PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL				FLS:	2/6		
		ESTUDO DA ADERÊNCIA ENTRE CONCRETO E ARGAMASSAS INDUSTRIAIS E COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM FIBRAS: AVALIAÇÃO EM DIFERENTES IDADES AO LONGO DO TEMPO E DO USO DE PONTE DE ADERÊNCIA.				LOCAL :	UERJ		
						DATA:	06/dez/18		
RESULTADOS DE ENSAIOS E CARACTERIZAÇÕES									
CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS									
INFORMAÇÕES DOS CORPOS DE PROVA (ensaio aos 28 dias)									
N° CP	BETONAGEM	DATA BETONAGEM	DATA RETIRADA CÂMERA ÚMIDA	DIÂMETRO (d) (em cm)	ALTURA (h) (em cm)	PESO (em g)	TIPO ENSAIO		
7	ZENTRIFIX CR	06 de novembro de 2018	04 de dezembro de 2018	4,59	10,22		Compressão Diametral (fct)		
8				4,55	10,17		Compressão Diametral (fct)		
9				4,60	10,09		Compressão Diametral (fct)		
10				4,60	10,25	367,60	Massa Específica		
11				4,62	10,15	356,40	Massa Específica		
12				4,68	10,25	366,40	Massa Específica		
1	ZENTRIFIX TIX					4,55	9,30		Módulo de Elasticidade (Ec)
2				4,55	9,50		Módulo de Elasticidade (Ec)		
3				4,50	9,40		Compressão Axial (fc)		
4				4,55	9,20		Módulo de Elasticidade (Ec)		
5				4,60	9,60		Compressão Axial (fc)		
6				4,60	9,60		Compressão Axial (fc)		
7		4,50	10,00	332,00	Massa Específica				
8		4,55	10,10	346,00	Massa Específica				
9		4,50	10,05	337,00	Massa Específica				
10		4,55	10,00		Compressão Diametral (fct)				
11		4,55	9,55		Compressão Diametral (fct)				
12		4,60	10,00		Compressão Diametral (fct)				
1	ARG. SEM FIBRA	08 de novembro de 2018	06 de dezembro de 2018	4,59	8,60		Módulo de Elasticidade (Ec)		
2				4,60	9,37		Módulo de Elasticidade (Ec)		
3				4,55	9,13		Módulo de Elasticidade (Ec)		
4				4,61	9,22		Compressão Axial (fc)		
5				4,60	9,23		Compressão Axial (fc)		
6				4,62	8,83		Compressão Axial (fc)		
7				4,57	9,55		Compressão Diametral (fct)		
8				4,59	9,75		Compressão Diametral (fct)		
9				4,55	9,53		Compressão Diametral (fct)		
10				4,60	9,75	278,30	Massa Específica		
11				4,55	9,70	276,10	Massa Específica		
12				4,59	9,89	274,80	Massa Específica		
INFORMAÇÕES DOS ENSAIOS									
Os ensaios foram realizados no laboratório de Engenharia Civil (LEC) da UERJ.									
Todos os CP's ensaiados tem geometria cilíndrica, com dimensões nominais de 5 cm de diâmetro e 10 cm de altura.									
Os resultados dos ensaios saem em Kilograma-força (kgf), quando referente às cargas, e em megapascal(Mpa), quando referente à tensão.									

	UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO					ANEXO F	
	PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL					FLS:	3/6
	ESTUDO DA ADERÊNCIA ENTRE CONCRETO E ARGAMASSAS INDUSTRIAIS E COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM FIBRAS: AVALIAÇÃO EM DIFERENTES IDADES AO LONGO DO TEMPO E DO USO DE PONTE DE ADERÊNCIA.					LOCAL :	UERJ
						DATA:	06/dez/18
RESULTADOS DE ENSAIOS E CARACTERIZAÇÕES							
CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS							
INFORMAÇÕES DOS CORPOS DE PROVA (ensaio aos 28 dias)							
N° CP	BETONAGEM	DATA BETONAGEM	DATA RETIRADA CÂMERA ÚMIDA	DIÂMETRO (d) (em cm)	ALTURA (h) (em cm)	PESO (em g)	TIPO ENSAIO
1	COMPÓSITO COM FIBRA 2% 8mm	08 de novembro de 2018	06 de dezembro de 2018	4,56	9,65		Módulo de Elasticidade (Ec)
2				4,58	9,47		Compressão Axial (fc)
3				4,60	9,43		Compressão Axial (fc)
4				4,54	9,45		Módulo de Elasticidade (Ec)
5				4,58	9,67		Módulo de Elasticidade (Ec)
6				4,59	9,27		Compressão Axial (fc)
7				4,58	10,10		Compressão Diametral (fct)
8				4,61	9,91	256,70	Massa Específica
9				4,58	10,18	254,20	Massa Específica
10				4,57	10,06	258,30	Massa Específica
11				4,60	10,05		Compressão Diametral (fct)
12				4,61	10,21		Compressão Diametral (fct)
1	COMPÓSITO COM FIBRA 1% 8mm	08 de novembro de 2018	06 de dezembro de 2018	4,60	9,07		Compressão Axial (fc)
2				4,58	9,25		Módulo de Elasticidade (Ec)
3				4,55	9,12		Módulo de Elasticidade (Ec)
4				4,56	9,35		Módulo de Elasticidade (Ec)
5				4,57	9,45		Módulo de Elasticidade (Ec)
6				4,60	9,20		Compressão Diametral (fct)
7				4,60	9,88		Compressão Diametral (fct)
8				4,58	10,08	268,10	Massa Específica
9				4,57	9,72	265,80	Massa Específica
10				4,57	9,94	266,90	Massa Específica
11				4,60	9,58		Compressão Diametral (fct)
12				4,60	9,90		Compressão Diametral (fct)
INFORMAÇÕES DOS ENSAIOS							
<p>Os ensaios foram realizados no laboratório de Engenharia Civil (LEC) da UERJ.</p> <p>Todos os CP's ensaiados tem geometria cilíndrica, com dimensões nominais de 5 cm de diâmetro e 10 cm de altura.</p> <p>Os resultados dos ensaios saem em Kilograma-força (kgf), quando referente às cargas, e em megapascal(Mpa), quando referente à tensão.</p>							

		UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO				ANEXO F			
		PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL				FLS:	4/6		
		ESTUDO DA ADERÊNCIA ENTRE CONCRETO E ARGAMASSAS INDUSTRIAIS E COMPOSITOS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM FIBRAS: AVALIAÇÃO EM DIFERENTES IDADES AO LONGO DO TEMPO E DO USO DE PONTE DE ADERÊNCIA.				LOCAL :	UERJ		
						DATA:	06/dez/18		
RESULTADOS DE ENSAIOS E CARACTERIZAÇÕES									
CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS									
INFORMAÇÕES DOS CORPOS DE PROVA (ensaio aos 120 dias)									
Nº CP	BETONAGEM	DATA BETONAGEM	DATA RETIRADA CÂMERA ÚMIDA	DIÂMETRO (d) (em cm)	ALTURA (h) (em cm)	PESO (em g)	TIPO ENSAIO		
13	SIKA TIX	06 de novembro de 2018	08 de março de 2018	4,54	10,06		Compressão Diametral (fct)		
14				4,57	10,06		Compressão Diametral (fct)		
15				4,59	10,17		Compressão Diametral (fct)		
16				4,59	10,12		Compressão Axial (fc)		
17				4,57	10,13		Compressão Axial (fc)		
18				4,56	10,14		Compressão Axial (fc)		
19				4,59	9,79		Compressão Axial (fc)		
20				4,55	9,61		Compressão Axial (fc)		
21				4,55	9,80		Compressão Axial (fc)		
13	SIKA 622					4,59	10,06		Compressão Diametral (fct)
14				4,60	10,07		Compressão Diametral (fct)		
15				4,65	10,06		Compressão Diametral (fct)		
16				4,59	10,12		Compressão Axial (fc)		
17				perda durante o capeamento					
18				perda durante o capeamento					
19				4,63	9,68		Compressão Axial (fc)		
20				4,58	9,51		Compressão Axial (fc)		
21				4,59	9,81		Compressão Axial (fc)		
13	ZENTRIFIX CR					4,61	10,31		Compressão Diametral (fct)
14		4,56	10,19		Compressão Diametral (fct)				
15		4,64	10,35		Compressão Diametral (fct)				
16		4,61	10,11		Compressão Axial (fc)				
17		4,55	10,11		Compressão Axial (fc)				
18		4,54	10,14		Compressão Axial (fc)				
INFORMAÇÕES DOS ENSAIOS									
<p>Os ensaios foram realizados no laboratório de Engenharia Civil (LEC) da UERJ.</p> <p>Todos os CP's ensaiados tem geometria cilíndrica, com dimensões nominais de 5 cm de diâmetro e 10 cm de altura.</p> <p>Os resultados dos ensaios saem em Kilograma-força (kgf), quando referente às cargas, e em megapascal(Mpa), quando referente à tensão.</p>									

	UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO					ANEXO F			
	PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL					FLS:	5/6		
	ESTUDO DA ADERÊNCIA ENTRE CONCRETO E ARGAMASSAS INDUSTRIAIS E COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM FIBRAS: AVALIAÇÃO EM DIFERENTES IDADES AO LONGO DO TEMPO E DO USO DE PONTE DE ADERÊNCIA.					LOCAL :	UERJ		
						DATA:	06/dez/18		
RESULTADOS DE ENSAIOS E CARACTERIZAÇÕES									
CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS									
INFORMAÇÕES DOS CORPOS DE PROVA (ensaio aos 120 dias)									
Nº CP	BETONAGEM	DATA BETONAGEM	DATA RETIRADA CÂMERA ÚMIDA	DIÂMETRO (d) (em cm)	ALTURA (h) (em cm)	PESO (em g)	TIPO ENSAIO		
19	ZENTRIFIX CR	06 de novembro de 2018	08 de março de 2018	4,59	9,27		Compressão Axial (fc)		
20				4,52	9,97		Compressão Axial (fc)		
21				4,60	9,88		Compressão Axial (fc)		
13	ZENTRIFIX TIX			06 de novembro de 2018	08 de março de 2018	4,57	10,07		Compressão Diametral (fct)
14						4,57	9,97		Compressão Diametral (fct)
15						4,58	10,03		Compressão Diametral (fct)
16						4,59	10,02		Compressão Axial (fc)
17						4,60	10,14		Compressão Axial (fc)
18						4,62	10,18		Compressão Axial (fc)
19						4,59	9,59		Compressão Axial (fc)
20						4,61	9,52		Compressão Axial (fc)
21						4,58	9,00		Compressão Axial (fc)
13	ARG. SEM FIBRA	08 de novembro de 2018	10 de março de 2018			4,61	9,72		Compressão Diametral (fct)
14						4,54	9,56		Compressão Diametral (fct)
15						4,59	9,76		Compressão Diametral (fct)
16				4,53	9,84		Compressão Axial (fc)		
17				4,58	9,79		Compressão Axial (fc)		
18				4,55	9,57		Compressão Axial (fc)		
19				4,59	9,21		Compressão Axial (fc)		
20				4,56	9,40		Compressão Axial (fc)		
21				4,57	9,01		Compressão Axial (fc)		
INFORMAÇÕES DOS ENSAIOS									
<p>Os ensaios foram realizados no laboratório de Engenharia Civil (LEC) da UERJ.</p> <p>Todos os CP's ensaiados tem geometria cilíndrica, com dimensões nominais de 5 cm de diâmetro e 10 cm de altura.</p> <p>Os resultados dos ensaios saem em Kilograma-força (kgf), quando referente às cargas, e em megapascal(Mpa), quando referente à tensão.</p>									

	UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO					ANEXO F	
	PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL					FLS:	6/6
	ESTUDO DA ADERÊNCIA ENTRE CONCRETO E ARGAMASSAS INDUSTRIAIS E COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM FIBRAS: AVALIAÇÃO EM DIFERENTES IDADES AO LONGO DO TEMPO E DO USO DE PONTE DE ADERÊNCIA.					LOCAL :	UERJ
						DATA:	06/dez/18
RESULTADOS DE ENSAIOS E CARACTERIZAÇÕES							
CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS							
INFORMAÇÕES DOS CORPOS DE PROVA (ensaio aos 120 dias)							
N° CP	BETONAGEM	DATA BETONAGEM	DATA RETIRADA CÂMERA ÚMIDA	DIÂMETRO (d) (em cm)	ALTURA (h) (em cm)	PESO (em g)	TIPO ENSAIO
13	COMPÓSITO COM FIBRA 2% 8mm	08 de novembro de 2018	10 de março de 2018	4,58	10,08		Compressão Diametral (fct)
14				4,57	9,72		Compressão Diametral (fct)
15				4,57	9,94		Compressão Diametral (fct)
16				4,56	9,12		Compressão Axial (fc)
17				4,58	9,02		Compressão Axial (fc)
18				4,54	9,33		Compressão Axial (fc)
19				4,59	9,30		Compressão Axial (fc)
20				4,53	9,29		Compressão Axial (fc)
21				4,62	9,25		Compressão Axial (fc)
13	COMPÓSITO COM FIBRA 1% 8mm	08 de novembro de 2018	10 de março de 2018	4,61	9,91		Compressão Diametral (fct)
14				4,58	10,18		Compressão Diametral (fct)
15				4,57	10,06		Compressão Diametral (fct)
16				4,56	9,55		Compressão Axial (fc)
17				4,56	9,63		Compressão Axial (fc)
18				4,55	9,42		Compressão Axial (fc)
19				4,58	8,90		Compressão Axial (fc)
20				4,57	9,57		Compressão Axial (fc)
21				4,63	9,24		Compressão Axial (fc)
INFORMAÇÕES DOS ENSAIOS							
<p>Os ensaios foram realizados no laboratório de Engenharia Civil (LEC) da UERJ.</p> <p>Todos os CP's ensaiados tem geometria cilíndrica, com dimensões nominais de 5 cm de diâmetro e 10 cm de altura.</p> <p>Os resultados dos ensaios saem em Kilograma-força (kgf), quando referente às cargas, e em megapascal(Mpa), quando referente à tensão.</p>							

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO		ANEXO G									
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL		FLS:	1/14								
ESTUDO DA ADERÊNCIA ENTRE CONCRETO E ARGAMASSAS INDUSTRIAIS E COMPOSITOS CIMENTICIOS REFORÇADOS COM FIBRAS: AVALIAÇÃO EM DIFERENTES IDADES AO LONGO DO TEMPO E DO USO DE PONTE DE ADERÊNCIA.		LOCAL :	UERJ								
RESULTADOS DE ENSAIOS E CARACTERIZAÇÕES		DATA:	INDICADA								
ENSAIO DE CISALHAMENTO OBLÍQUO (BS EN 12615,1999)											
INFORMAÇÕES DOS CORPOS DE PROVA											
Nº CP	BETONAGEM CONCRETO	DATA	BETONAGEM ARGAMASSA	DATA	DATA RETIRADA CÂMARA ÚMIDA	DIMENSÕES A (em mm)	DIMENSÕES A (em mm)	DIMENSÕES B (em mm)	DIMENSÕES B (em mm)	TIPO ENSAIO	DATA
1A	Primeira	09 de julho de 2018	Primeira (ZENTRIFIX TIX)	06 de novembro de 2018	03 de dezembro de 2018	100	100	99	100	Slant Shear Test	06 de dezembro de 2018
2A						100	102	100	101		
4A						100	100	100	100		
3A					06 de março de 2019	101	101	101	103		11 de março de 2019
5A						102	102	103	102		
6A						103	102	103	102		
7A			03 de dezembro de 2018		100	100	100	100	06 de dezembro de 2018		
8A					101	102	100	100			
10A					100	100	101	103			
9A			06 de março de 2019		103	102	100	101	11 de março de 2019		
11A					105	103	103	102			
12A					106	103	104	102			
13A			06 de março de 2019		103	102	106	102	11 de março de 2019		
14A					102	102	104	102			
15A					103	102	105	102			
16A			05 de dezembro de 2018		101	100	101	100	08 de dezembro de 2018		
17A					100	100	99	98			
18A					102	102	101	102			
19A			05 de dezembro de 2018		100	100	100	100	08 de dezembro de 2018		
20A					101	98	100	98			
1B	100	98		100	98						
INFORMAÇÕES DOS ENSAIOS											
<p>Os ensaios foram realizados prensa LOS de 300 tf, no Laboratório de Engenharia Civil (LEC).</p> <p>Todos os CP's ensaiados tem geometria prismática, com dimensões nominais de 10x10 cm de base e 40 cm de altura.</p> <p>Os resultados dos ensaios saem em Kilograma-força (kgf), quando referente às cargas, e em megapascal(Mpa), quando referente à tensão.</p>											

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO		ANEXO G										
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL		FLS:	2/14									
ESTUDO DA ADERÊNCIA ENTRE CONCRETO E ARGAMASSAS INDUSTRIAIS E COMPOSITOS CIMENTICIOS REFORÇADOS COM FIBRAS: AVALIAÇÃO EM DIFERENTES IDADES AO LONGO DO TEMPO E DO USO DE PONTE DE ADERÊNCIA.		LOCAL :	UERJ									
RESULTADOS DE ENSAIOS E CARACTERIZAÇÕES		DATA:	INDICADA									
ENSAIO DE CISALHAMENTO OBLÍQUO (BS EN 12615,1999)												
INFORMAÇÕES DOS CORPOS DE PROVA												
Nº CP	BETONAGEM CONCRETO	DATA	BETONAGEM ARGAMASSA	DATA	DATA RETIRADA CÂMARA ÚMIDA	DIMENSÕES A (em mm)	DIMENSÕES A (em mm)	DIMENSÕES B (em mm)	DIMENSÕES B (em mm)	TIPO ENSAIO	DATA	
2B	Primeira	09 de julho de 2018	Sexta (COMPÓSITO COM FIBRA 1% 8mm com Ponte)	13 de novembro de 2018	10 de dezembro de 2018	100	100	100	100	Slant Shear Test	13 de dezembro de 2018	
3B												
4B												
5B			Sétima (COMPÓSITO COM FIBRA 2% 8mm com Ponte)	13 de novembro de 2018	10 de dezembro de 2018	100	98	98	98		13 de dezembro de 2018	
6B												
7B												
8B			Oitava (COMPÓSITO COM FIBRA 1% 8mm sem Ponte)	13 de novembro de 2018	12 de março de 2019	102	105	101	102		13 de março de 2019	
9B												
10B												
11B			-	-	-	-	-	-	-		-	
12B			Nona (COMPÓSITO COM FIBRA 1% 8mm com Ponte)	08 de outubro de 2019	04 de novembro de 2019	104	102	100	100,5		05 de novembro de 2019	
13B												
14B												
15B			Décima (COMPÓSITO COM FIBRA 2% 8mm com Ponte)	08 de outubro de 2019	04 de novembro de 2019	104	101	99,8	103,5		05 de novembro de 2019	
16B												
17B												
18B			Décima primeira (ZENTRIFIX CR)	08 de outubro de 2019	04 de novembro de 2019	103	102	101	101,5		05 de novembro de 2019	
19B												
20B												
INFORMAÇÕES DOS ENSAIOS												
<p>Os ensaios foram realizados prensa LOS de 300 tf, no Laboratório de Engenharia Civil (LEC).</p> <p>Todos os CP's ensaiados tem geometria prismática, com dimensões nominais de 10x10 cm de base e 40 cm de altura.</p> <p>Os resultados dos ensaios saem em Kilograma-força (kgf), quando referente às cargas, e em megapascal(Mpa), quando referente à tensão.</p>												

	UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO		ANEXO G	
	PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL		FLS:	3/14
	ESTUDO DA ADERÊNCIA ENTRE CONCRETO E ARGAMASSAS INDUSTRIAIS E COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM FIBRAS: AVALIAÇÃO EM DIFERENTES IDADES AO LONGO DO TEMPO E DO USO DE PONTE DE ADERÊNCIA.		LOCAL :	UERJ
			DATA:	INDICADA

RESULTADOS DE ENSAIOS E CARACTERIZAÇÕES

ENSAIO DE CISLHAMENTO OBLÍQUO (BS EN 12615,1999)

ENSAIO AOS 28 DIAS

N° CP	MATERIAL	F (kgf)	F (N)	Fm (N)	fb (MPa)	MODO DE RUPTURA	ÁREA MÉDIA (mm²)
1A	ZENTRIFIX TIX	-	-	369750,00	15,90	ruptura na ligação com vestígios de concreto e material de reparo.	9950,00
2A		34950,00	349500,00			ruptura na ligação com ruptura parcial do concreto.	10150,00
4A		39000,00	390000,00			ruptura na ligação com ruptura parcial do material de reparo.	10000,00
7A	SIKA TIX	21300,00	213000,00	226333,33	9,68	ruptura na ligação com vestígios de concreto e material de reparo.	10000,00
8A		20800,00	208000,00			ruptura na ligação com vestígios de concreto e material de reparo.	10150,50
10A		25800,00	258000,00			ruptura na ligação com vestígios de concreto e material de reparo.	10200,75
19A	ARG. SEM FIBRA	16850,00	168500,00	172833,33	7,58	ruptura na ligação com ruptura parcial do material de reparo.	10000,00
20A		15650,00	156500,00			ruptura na ligação com vestígios de concreto e material de reparo.	9849,00
1B		19350,00	193500,00			ruptura na ligação com ruptura parcial do material de reparo.	9800,00
12B	COMPÓSITO COM FIBRA 1% 8mm	26800,00	268000,00	272666,67	11,33	ruptura na ligação com ruptura parcial do material de reparo.	10327,50
13B		28300,00	283000,00			ruptura na ligação com vestígios de concreto e material de reparo.	10428,75
14B		26700,00	267000,00			ruptura na ligação com vestígios de concreto e material de reparo.	10511,10
15B	COMPÓSITO COM FIBRA 2% 8mm	20150,00	201500,00	188666,67	7,86	ruptura na ligação com vestígios de concreto e material de reparo.	10419,28
16B		17400,00	174000,00			ruptura na ligação com vestígios de concreto e material de reparo.	10531,88
17B		19050,00	190500,00			ruptura na ligação com ruptura parcial do concreto.	10251,56
18B	ZENTRIFIX CR	37750,00	377500,00	376166,67	15,59	ruptura no concreto ou no material de reparo.	10378,50
19B		38600,00	386000,00			ruptura na ligação com ruptura parcial do concreto.	10557,56
20B		36500,00	365000,00			ruptura na ligação com vestígios de concreto e material de reparo.	10402,44

Legenda: F: força máxima alcançada
Fm: força máxima alcançada média
fb: resistência de aderência

Cálculo da resistência de aderência (BS EN 12615:1999)

$$f_b = \frac{F\sqrt{3}}{40000}$$

fb em N/mm²

	UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO		ANEXO G	
	PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL		FLS:	4/14
	ESTUDO DA ADERÊNCIA ENTRE CONCRETO E ARGAMASSAS INDUSTRIAIS E COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM FIBRAS: AVALIAÇÃO EM DIFERENTES IDADES AO LONGO DO TEMPO E DO USO DE PONTE DE ADERÊNCIA.		LOCAL :	UERJ
			DATA:	INDICADA

RESULTADOS DE ENSAIOS E CARACTERIZAÇÕES

ENSAIO DE CISALHAMENTO OBLÍQUO (BS EN 12615,1999)

ENSAIO AOS 120 DIAS

N° CP	MATERIAL	F (kgf)	F (N)	Fm (N)	fb (MPa)	MODO DE RUPTURA	ÁREA MÉDIA (mm²)
3A	ZENTRIFIX TIX	39.600,00	396000,00	383750,00	16,12	ruptura no concreto ou no material de reparo.	10302,00
5A		37.850,00	378500,00			ruptura na ligação com ruptura parcial do concreto.	10455,00
6A		38.900,00	389000,00			ruptura no concreto ou no material de reparo.	10506,00
9A	SIKA TIX	12.800,00	213000,00	226333,33	10,38	ruptura na ligação com vestígios de concreto e material de reparo.	10302,25
11A		9.000,00	208000,00			ruptura na ligação com vestígios de concreto e material de reparo.	10660,00
12A		22.800,00	258000,00			ruptura na ligação com ruptura parcial do material de reparo.	10762,50
13A	SIKA 622	34.350,00	343500,00	362833,33	14,84	ruptura na ligação com ruptura parcial do material de reparo.	10659,00
14A		37.600,00	376000,00			ruptura no concreto ou no material de reparo.	10506,00
15A		36.900,00	369000,00			ruptura na ligação com ruptura parcial do concreto.	10608,00
8B	COMPÓSITO COM FIBRA 1% 8mm	16.150,00	161500,00	179000,00	7,50	ruptura na ligação sem vestígios de concreto e material de reparo.	10505,25
9B		17.200,00	172000,00			ruptura na ligação com vestígios de concreto e material de reparo.	10353,00
10B		20.350,00	203500,00			ruptura na ligação com vestígios de concreto e material de reparo.	10200,75

Legenda: F: força máxima alcançada
Fm: força máxima alcançada média
fb: resistência de aderência

Cálculo da resistência de aderência (BS EN 12615:1999)

$$f_b = \frac{F\sqrt{3}}{40000}$$

fb em N/mm²

	UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	ANEXO G	
	PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL	FLS:	5/14
	ESTUDO DA ADERÊNCIA ENTRE CONCRETO E ARGAMASSAS INDUSTRIAIS E COMPOSITOS CIMENTICIOS REFORÇADOS COM FIBRAS: AVALIAÇÃO EM DIFERENTES IDADES AO LONGO DO TEMPO E DO USO DE PONTE DE ADERÊNCIA.	LOCAL :	UERJ
		DATA:	INDICADA
RESULTADOS DE ENSAIOS E CARACTERIZAÇÕES			

ENSAIO DE CISLHAMENTO OBLÍQUO (BS EN 12615,1999)

1.2) FOTOS DOS ENSAIOS (continuação)

ZENTRIFIX TIX - 28 dias



2A



4A

	UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	ANEXO G	
	PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL	FLS:	6/14
	ESTUDO DA ADERÊNCIA ENTRE CONCRETO E ARGAMASSAS INDUSTRIAIS E COMPOSITOS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM FIBRAS: AVALIAÇÃO EM DIFERENTES IDADES AO LONGO DO TEMPO E DO USO DE PONTE DE ADERÊNCIA.	LOCAL :	UERJ
		DATA:	INDICADA
RESULTADOS DE ENSAIOS E CARACTERIZAÇÕES			

ENSAIO DE CISALHAMENTO OBLÍQUO (BS EN 12615,1999)

1.2) FOTOS DOS ENSAIOS (continuação)

SIKA TIX - 28 dias



7A



8A

	UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	ANEXO G	
	PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL	FLS:	7/14
	ESTUDO DA ADERÊNCIA ENTRE CONCRETO E ARGAMASSAS INDUSTRIAIS E COMPOSITOS CIMENTICIOS REFORÇADOS COM FIBRAS: AVALIAÇÃO EM DIFERENTES IDADES AO LONGO DO TEMPO E DO USO DE PONTE DE ADERÊNCIA.	LOCAL :	UERJ
		DATA:	INDICADA
RESULTADOS DE ENSAIOS E CARACTERIZAÇÕES			

ENSAIO DE CISALHAMENTO OBLÍQUO (BS EN 12615,1999)

1.2) FOTOS DOS ENSAIOS (continuação)

ARGAMASSA SEM FIBRA - 28 dias



19A



20A



1B

	UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	ANEXO G	
	PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL	FLS:	8/14
	ESTUDO DA ADERÊNCIA ENTRE CONCRETO E ARGAMASSAS INDUSTRIAIS E COMPOSITOS CIMENTICIOS REFORÇADOS COM FIBRAS: AVALIAÇÃO EM DIFERENTES IDADES AO LONGO DO TEMPO E DO USO DE PONTE DE ADERÊNCIA.	LOCAL :	UERJ
	RESULTADOS DE ENSAIOS E CARACTERIZAÇÕES	DATA:	INDICADA

ENSAIO DE CISLHAMENTO OBLÍQUO (BS EN 12615,1999)

1.2) FOTOS DOS ENSAIOS (continuação)

COPOSITO COM FIBRA 1% 8mm - 28 dias



12B



13B



14B

	UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	ANEXO G	
	PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL	FLS:	9/14
	ESTUDO DA ADERÊNCIA ENTRE CONCRETO E ARGAMASSAS INDUSTRIAIS E COMPOSITOS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM FIBRAS: AVALIAÇÃO EM DIFERENTES IDADES AO LONGO DO TEMPO E DO USO DE PONTE DE ADERÊNCIA.	LOCAL :	UERJ
		DATA:	INDICADA
RESULTADOS DE ENSAIOS E CARACTERIZAÇÕES			

ENSAIO DE CISALHAMENTO OBLÍQUO (BS EN 12615,1999)

1.2) FOTOS DOS ENSAIOS (continuação)

COPÓSITO COM FIBRA 2% 8mm - 28 dias



15B



16B



17B

	UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	ANEXO G	
	PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL	FLS:	10/14
	ESTUDO DA ADERÊNCIA ENTRE CONCRETO E ARGAMASSAS INDUSTRIAIS E COMPOSITOS CIMENTICIOS REFORÇADOS COM FIBRAS: AVALIAÇÃO EM DIFERENTES IDADES AO LONGO DO TEMPO E DO USO DE PONTE DE ADERÊNCIA.	LOCAL :	UERJ
		DATA:	INDICADA
RESULTADOS DE ENSAIOS E CARACTERIZAÇÕES			

ENSAIO DE CISALHAMENTO OBLÍQUO (BS EN 12615,1999)

1.2) FOTOS DOS ENSAIOS (continuação)

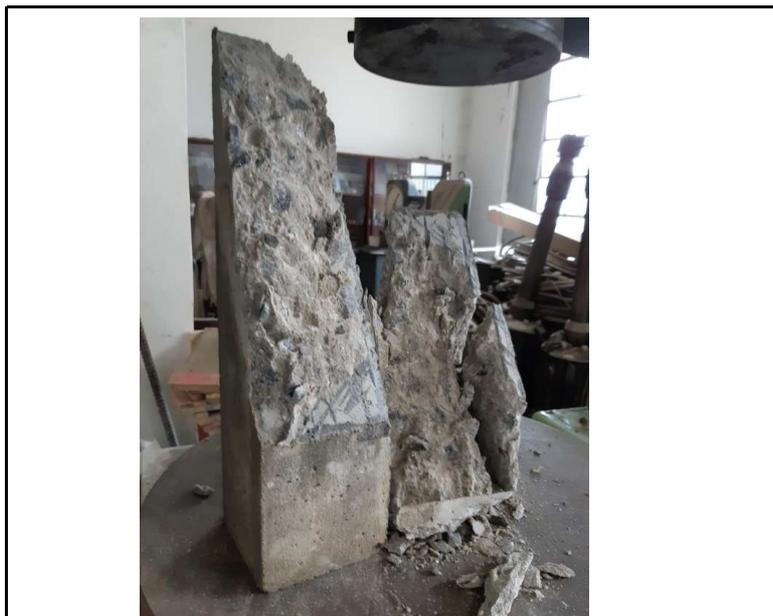
ZENTRIFIX CR - 28 dias



19B



20B



18B

	UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO		ANEXO G	
	PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL		FLS:	11/14
	ESTUDO DA ADERÊNCIA ENTRE CONCRETO E ARGAMASSAS INDUSTRIAIS E COMPOSITOS CIMENTICIOS REFORÇADOS COM FIBRAS: AVALIAÇÃO EM DIFERENTES IDADES AO LONGO DO TEMPO E DO USO DE PONTE DE ADERÊNCIA.		LOCAL :	UERJ
	RESULTADOS DE ENSAIOS E CARACTERIZAÇÕES		DATA:	INDICADA

ENSAIO DE CISALHAMENTO OBLÍQUO (BS EN 12615,1999)

1.2) FOTOS DOS ENSAIOS (continuação)

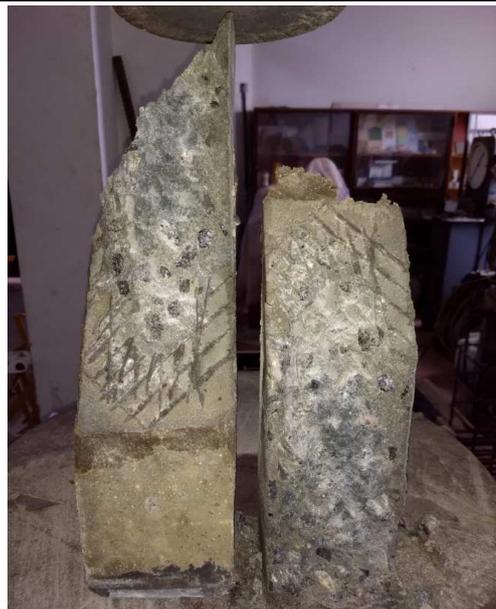
ZENTRIFIX TIX - 120 dias



3A



6A



5A

	UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	ANEXO G	
	PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL	FLS:	12/14
	ESTUDO DA ADERÊNCIA ENTRE CONCRETO E ARGAMASSAS INDUSTRIAIS E COMPOSITOS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM FIBRAS: AVALIAÇÃO EM DIFERENTES IDADES AO LONGO DO TEMPO E DO USO DE PONTE DE ADERÊNCIA.	LOCAL :	UERJ
	RESULTADOS DE ENSAIOS E CARACTERIZAÇÕES	DATA:	INDICADA
ENSAIO DE CISALHAMENTO OBLÍQUO (BS EN 12615,1999)			
1.2) FOTOS DOS ENSAIOS (continuação)			
SIKA TIX - 120 dias			
9A		11A	
12A			

	UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO		ANEXO G	
	PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL		FLS:	13/14
	ESTUDO DA ADERÊNCIA ENTRE CONCRETO E ARGAMASSAS INDUSTRIAIS E COMPOSITOS CIMENTICIOS REFORÇADOS COM FIBRAS: AVALIAÇÃO EM DIFERENTES IDADES AO LONGO DO TEMPO E DO USO DE PONTE DE ADERÊNCIA.		LOCAL :	UERJ
	RESULTADOS DE ENSAIOS E CARACTERIZAÇÕES		DATA:	INDICADA
ENSAIO DE CISLHAMENTO OBLÍQUO (BS EN 12615,1999)				
1.2) FOTOS DOS ENSAIOS (continuação)				
SIKA 622 - 120 dias				
13A		14A		
15A				

	UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	ANEXO G	
	PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL	FLS:	14/14
	ESTUDO DA ADERÊNCIA ENTRE CONCRETO E ARGAMASSAS INDUSTRIAIS E COMPOSITOS CIMENTICIOS REFORÇADOS COM FIBRAS: AVALIAÇÃO EM DIFERENTES IDADES AO LONGO DO TEMPO E DO USO DE PONTE DE ADERÊNCIA.	LOCAL :	UERJ
		DATA:	INDICADA
RESULTADOS DE ENSAIOS E CARACTERIZAÇÕES			

ENSAIO DE CISALHAMENTO OBLÍQUO (BS EN 12615,1999)

1.2) FOTOS DOS ENSAIOS (continuação)

COMPÓSITO COM FIBRA 1% 8mm - 120 dias



8B



9B



10B

		UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO				ANEXO H	
		PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL				FLS:	1/10
		ESTUDO DA ADERÊNCIA ENTRE CONCRETO E ARGAMASSAS INDUSTRIAIS E COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM FIBRAS: AVALIAÇÃO EM DIFERENTES IDADES AO LONGO DO TEMPO E DO USO DE PONTE DE ADERÊNCIA.				LOCAL :	UERJ
						DATA:	08/dez/19
RESULTADOS DE ENSAIOS E CARACTERIZAÇÕES							
ENSAIO DE ARRANCAMENTO (EN 1542,1999)							
1) ENSAIO AOS 28 DIAS							
Nº AMOSTRA	MATERIAL	Fh (KN)	Fh (N)	Fhm (N)	f _h (MPa)	OBSERVAÇÕES	
1	ZENTRIFIX CR	0,93	930,00	1412,50	0,85		
2		1,08	1080,00				
3		1,65	1650,00				
4		1,99	1990,00				
5		-	-				Perda durante a carotagem
1	ZENTRIFIX TIX	1,08	1080,00	2422,00	1,46		
2		2,79	2790,00				
3		2,56	2560,00				
4		2,25	2250,00				
5		3,43	3430,00				
1	SIKA TIX	1,68	1680,00	1566,67	0,94		
2		1,65	1650,00				
3		-	-				Perda durante a carotagem
4		1,37	1370,00				
5		-	-				Perda durante a carotagem
1	SIKA 622	-	-	1925,00	1,16	Perda durante a carotagem	
2		-	-			Perda durante a carotagem	
3		1,55	1550,00				
4		2,30	2300,00				
5		-	-				Perda durante a carotagem
1	ARG. SEM FIBRA			1280,00	0,77	Perda durante a carotagem	
2		1,39	1390,00				
3		1,21	1210,00				
4							Perda durante a carotagem
5		1,24	1240,00				
1	COMPÓSITO COM FIBRA 1% 8mm	1,60	1600,00	1636,00	0,98		
2		2,22	2220,00				
3		0,88	880,00				
4		1,52	1520,00				
5		1,96	1960,00				
<p>Legenda: Fh: força máxima alcançada Fhm: força máxima alcançada média f_h: resistência de aderência ao arrancamento D: diâmetro da pastilha, igual a 48 mm</p> <p>Cálculo da resistência de aderência (EN 1542:1999)</p> $f_h = \frac{4F_h}{\pi D^2}$							

	UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO				ANEXO H	
	PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL				FLS:	2/10
	ESTUDO DA ADERÊNCIA ENTRE CONCRETO E ARGAMASSAS INDUSTRIAIS E COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM FIBRAS: AVALIAÇÃO EM DIFERENTES IDADES AO LONGO DO TEMPO E DO USO DE PONTE DE ADERÊNCIA.				LOCAL :	UERJ
					DATA:	08/dez/19
RESULTADOS DE ENSAIOS E CARACTERIZAÇÕES						
ENSAIO DE ARRANCAMENTO (EN 1542:1999)						
2) ENSAIO AOS 28 DIAS - MAIOR ESPESSURA						
Nº AMOSTRA	MATERIAL	Fh (KN)	Fh (N)	Fhm (N)	fh (MPa)	OBSERVAÇÕES
1	ARG. SEM FIBRA	0,70	700,00	914,00	0,55	
2		0,85	850,00			
3		0,77	770,00			
4		1,14	1140,00			
5		1,11	1110,00			
1	COMPÓSITO COM FIBRA 1% 8mm	0,83	830,00	1180,00	0,71	
2		1,03	1030,00			
3		1,42	1420,00			
4		1,50	1500,00			
5		1,12	1120,00			
1	ZENTRIFIX TIX	1,86	1860,00	1912,00	1,15	
2		1,21	1210,00			
3		2,56	2560,00			
4		2,79	2790,00			
5		1,14	1140,00			
Legenda:		Fh: força máxima alcançada		Cálculo da resistência de aderência (EN 1542:1999)		
		Fhm: força máxima alcançada média		$f_h = \frac{4F_h}{\pi D^2}$		
		fh: resistência de aderência ao arrancamento				
		D: diâmetro da pastilha, igual a 48 mm				

		UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO				ANEXO H	
		PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL				FLS:	3/10
		ESTUDO DA ADERÊNCIA ENTRE CONCRETO E ARGAMASSAS INDUSTRIAIS E COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM FIBRAS: AVALIAÇÃO EM DIFERENTES IDADES AO LONGO DO TEMPO E DO USO DE PONTE DE ADERÊNCIA.				LOCAL :	UERJ
						DATA:	11/mar/19
RESULTADOS DE ENSAIOS E CARACTERIZAÇÕES							
ENSAIO DE ARRANCAMENTO (EN 1542,1999)							
3) ENSAIO AOS 120 DIAS							
Nº AMOSTRA	MATERIAL	Fh (KN)	Fh (N)	Fhm (N)	f _h (MPa)	OBSERVAÇÕES	
1	ZENTRIFIX TIX	2,12	2120,00	2246,00	1,35		
2		2,22	2220,00				
3		1,99	1990,00				
4		2,32	2320,00				
5		2,58	2580,00				
1	SIKA TIX	1,11	1110,00	1142,50	0,69		
2		1,01	1010,00				
3		-	-			Perda durante a carotagem	
4		1,29	1290,00				
5		1,16	1160,00				
1	COMPÓSITO COM FIBRA 1% 8mm	1,16	1160,00	998,00	0,60		
2		0,65	650,00				
3		1,19	1190,00				
4		1,19	1190,00				
5		-	-			Perda durante a carotagem	
6		0,80	800,00				
7		-	-			Perda durante a carotagem	
8		-	-			Perda durante a carotagem	
1	COMPÓSITO COM FIBRA 2% 8mm	0,52	520,00	673,33	0,41		
2		1,08	1080,00				
3		0,77	770,00				
4		0,93	930,00				
5		0,59	590,00				
6		0,46	460,00				
7		0,52	520,00				
8		0,54	540,00				
9		-	-			Perda durante a carotagem	
10		0,65	650,00				
<p>Legenda: Fh: força máxima alcançada Fhm: força máxima alcançada média f_h: resistência de aderência ao arrancamento D: diâmetro da pastilha, igual a 48 mm</p> <p>Cálculo da resistência de aderência (EN 1542:1999)</p> $f_h = \frac{4F_h}{\pi D^2}$							

	UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	ANEXO H	
	PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL	FLS:	4/10
	ESTUDO DA ADERÊNCIA ENTRE CONCRETO E ARGAMASSAS INDUSTRIAIS E COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM FIBRAS: AVALIAÇÃO EM DIFERENTES IDADES AO LONGO DO TEMPO E DO USO DE PONTE DE ADERÊNCIA.	LOCAL :	UERJ
		DATA:	08/dez/19
RESULTADOS DE ENSAIOS E CARACTERIZAÇÕES			

ENSAIO DE ARRANCAMENTO (EN 1542,1999)

4) FOTOS DOS ENSAIOS AOS 28 DIAS

ZENTRIFIX CR



ZENTRIFIX TIX

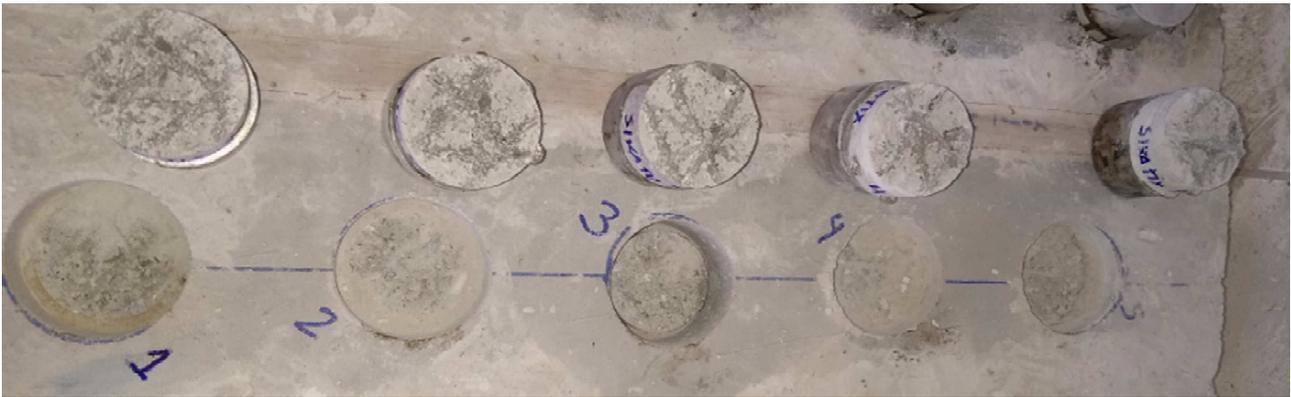


	UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	ANEXO H	
	PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL	FLS:	5/10
	ESTUDO DA ADERÊNCIA ENTRE CONCRETO E ARGAMASSAS INDUSTRIAIS E COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM FIBRAS: AVALIAÇÃO EM DIFERENTES IDADES AO LONGO DO TEMPO E DO USO DE PONTE DE ADERÊNCIA.	LOCAL :	UERJ
		DATA:	08/dez/19
RESULTADOS DE ENSAIOS E CARACTERIZAÇÕES			

ENSAIO DE ARRANCAMENTO (EN 1542,1999)

4) FOTOS DOS ENSAIOS AOS 28 DIAS

SIKA TIX



SIKA 622



	UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	ANEXO H	
	PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL	FLS:	6/10
	ESTUDO DA ADERÊNCIA ENTRE CONCRETO E ARGAMASSAS INDUSTRIAIS E COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM FIBRAS: AVALIAÇÃO EM DIFERENTES IDADES AO LONGO DO TEMPO E DO USO DE PONTE DE ADERÊNCIA.	LOCAL :	UERJ
		DATA:	08/dez/19
RESULTADOS DE ENSAIOS E CARACTERIZAÇÕES			

ENSAIO DE ARRANCAMENTO (EN 1542,1999)

4) FOTOS DOS ENSAIOS AOS 28 DIAS

ARGAMASSA SEM FIBRA



COMPÓSITO COM FIBRA 1% 8mm



	UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO		ANEXO H	
	PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL		FLS:	7/10
	ESTUDO DA ADERÊNCIA ENTRE CONCRETO E ARGAMASSAS INDUSTRIAIS E COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM FIBRAS: AVALIAÇÃO EM DIFERENTES IDADES AO LONGO DO TEMPO E DO USO DE PONTE DE ADERÊNCIA.		LOCAL :	UERJ
			DATA:	08/dez/19

RESULTADOS DE ENSAIOS E CARACTERIZAÇÕES

ENSAIO DE ARRANCAMENTO (EN 1542,1999)

5) FOTOS DOS ENSAIOS AOS 28 DIAS - MAIOR ESPESSURA

ARGAMASSA SEM FIBRA



COMPÓSITO COM FIBRA 1% 8mm



	UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	ANEXO H	
	PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL	FLS:	8/10
	ESTUDO DA ADERÊNCIA ENTRE CONCRETO E ARGAMASSAS INDUSTRIAIS E COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM FIBRAS: AVALIAÇÃO EM DIFERENTES IDADES AO LONGO DO TEMPO E DO USO DE PONTE DE ADERÊNCIA.	LOCAL :	UERJ
		DATA:	08/dez/19
RESULTADOS DE ENSAIOS E CARACTERIZAÇÕES			

ENSAIO DE ARRANCAMENTO (EN 1542,1999)

5) FOTOS DOS ENSAIOS AOS 28 DIAS - MAIOR ESPESSURA

ZENTRIFIX TIX



	UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	ANEXO H	
	PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL	FLS:	9/10
	ESTUDO DA ADERÊNCIA ENTRE CONCRETO E ARGAMASSAS INDUSTRIAIS E COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM FIBRAS: AVALIAÇÃO EM DIFERENTES IDADES AO LONGO DO TEMPO E DO USO DE PONTE DE ADERÊNCIA.	LOCAL :	UERJ
		DATA:	11/mar/19

RESULTADOS DE ENSAIOS E CARACTERIZAÇÕES

ENSAIO DE ARRANCAMENTO (EN 1542,1999)

6) FOTOS DOS ENSAIOS AOS 120 DIAS

ZENTRIFIX TIX



SIKA TIX



	UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	ANEXO H	
	PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL	FLS:	10/10
	ESTUDO DA ADERÊNCIA ENTRE CONCRETO E ARGAMASSAS INDUSTRIAIS E COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM FIBRAS: AVALIAÇÃO EM DIFERENTES IDADES AO LONGO DO TEMPO E DO USO DE PONTE DE ADERÊNCIA.	LOCAL :	UERJ
		DATA:	11/mar/19
RESULTADOS DE ENSAIOS E CARACTERIZAÇÕES			

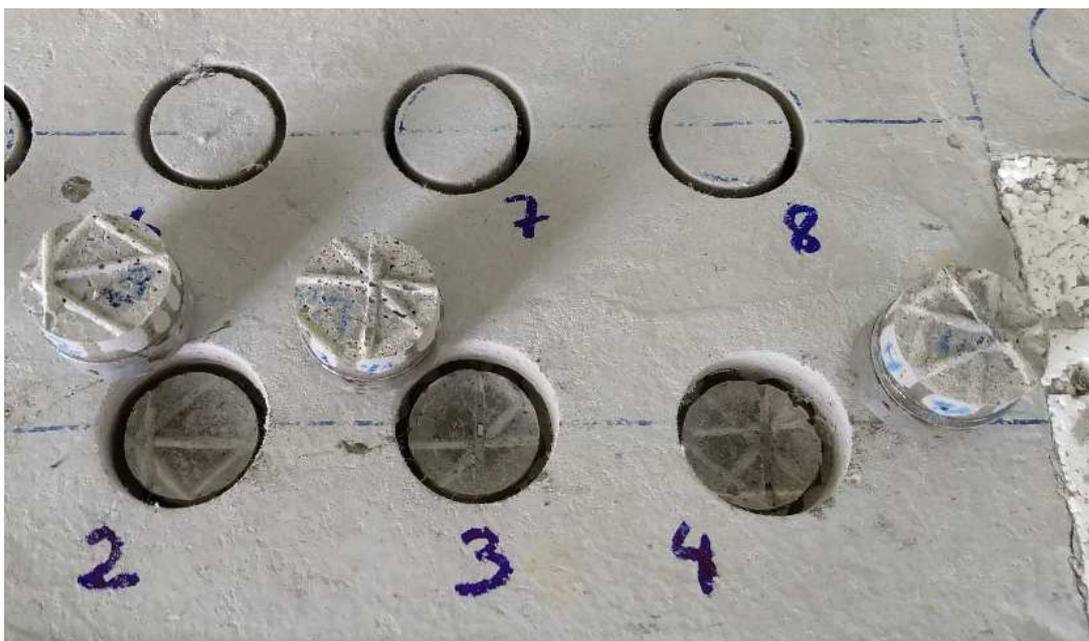
ENSAIO DE ARRANCAMENTO (EN 1542,1999)

6) FOTOS DOS ENSAIOS AOS 120 DIAS

COMPÓSITO COM FIBRA 1% 8mm



COMPÓSITO COM FIBRA 2% 8mm



		UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO				ANEXO I		
		PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL				FLS:	1/7	
		ESTUDO DA ADERÊNCIA ENTRE CONCRETO E ARGAMASSAS INDUSTRIAIS E COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM FIBRAS: AVALIAÇÃO EM DIFERENTES IDADES AO LONGO DO TEMPO E DO USO DE PONTE DE ADERÊNCIA.				LOCAL :	UERJ	
						DATA:	08/dez/19	
RESULTADOS DE ENSAIOS E CARACTERIZAÇÕES								
ENSAIO DE CISALHAMENTO OBLÍQUO								
RESULTADOS DOS EXTENSÔMETROS - ENSAIO DE CISALHAMENTO OBLÍQUO - Slant 4A - ZENTRIFIX TIX								
Carga (KN)	Tensão de Compressão (MPa)	Tensão Normal (MPa)	Tensão de Cisalhamento (MPa)	Concreto		Argamassa		
				Strain3	Strain4	Strain1	Strain5	
5	0,49	0,12	0,21	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	
10	0,98	0,25	0,42	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	
15	1,47	0,37	0,64	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	
20	1,96	0,49	0,85	0,00000	0,00011	0,00000	0,00000	
25	2,45	0,61	1,06	0,00000	0,00013	0,00011	0,00000	
30	2,94	0,74	1,27	0,00000	0,00015	0,00013	0,00000	
40	3,92	0,98	1,70	0,00015	0,00019	0,00017	0,00000	
50	4,90	1,23	2,12	0,00019	0,00023	0,00020	0,00000	
60	5,88	1,47	2,55	0,00024	0,00027	0,00023	0,00000	
70	6,86	1,72	2,97	0,00029	0,00031	0,00026	0,00000	
80	7,85	1,96	3,40	0,00033	0,00035	0,00030	0,00000	
90	8,83	2,21	3,82	0,00038	0,00038	0,00033	0,00000	
100	9,81	2,45	4,25	0,00042	0,00042	0,00036	0,00000	
110	10,79	2,70	4,67	0,00047	0,00046	0,00039	0,00000	
120	11,77	2,94	5,10	0,00051	0,00049	0,00042	0,00000	
130	12,75	3,19	5,52	0,00056	0,00052	0,00045	0,00000	
140	13,73	3,43	5,94	0,00060	0,00056	0,00048	0,00000	
150	14,71	3,68	6,37	0,00064	0,00059	0,00050	0,00000	
160	15,69	3,92	6,79	0,00069	0,00063	0,00054	0,00000	
170	16,67	4,17	7,22	0,00073	0,00067	0,00057	0,00000	
180	17,65	4,41	7,64	0,00079	0,00071	0,00061	0,00000	
190	18,63	4,66	8,07	0,00085	0,00075	0,00065	0,00000	
200	19,61	4,90	8,49	0,00089	0,00078	0,00068	0,00000	
210	20,59	5,15	8,92	0,00095	0,00082	0,00072	0,00000	
220	21,57	5,39	9,34	0,00102	0,00086	0,00076	0,00000	
230	22,56	5,64	9,77	0,00107	0,00090	0,00080	0,00000	
240	23,54	5,88	10,19	0,00113	0,00094	0,00084	0,00000	
250	24,52	6,13	10,62	0,00119	0,00098	0,00088	0,00000	
260	25,50	6,37	11,04	0,00126	0,00103	0,00093	0,00000	
270	26,48	6,62	11,47	0,00132	0,00107	0,00098	0,00000	
280	27,46	6,86	11,89	0,00139	0,00111	0,00103	0,00000	
290	28,44	7,11	12,31	0,00147	0,00117	0,00109	0,00000	
300	29,42	7,35	12,74	0,00153	0,00121	0,00114	0,00000	
310	30,40	7,60	13,16	0,00159	0,00125	0,00118	0,00000	
320	31,38	7,85	13,59	0,00167	0,00130	0,00125	0,00000	
330	32,36	8,09	14,01	0,00174	0,00134	0,00131	0,00000	
340	33,34	8,34	14,44	0,00186	0,00137	0,00144	0,00000	
350	34,32	8,58	14,86	0,00204	0,00141	0,00161	0,00000	
360	35,30	8,83	15,29	0,00215	0,00144	0,00169	0,00000	
370	36,28	9,07	15,71	0,00238	0,00148	0,00183	0,00000	
380	37,27	9,32	16,14	0,00261	0,00154	0,00194	0,00000	
390	38,25	9,56	16,56	0,00017	-71,58416	0,10333	0,00000	

		UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO				ANEXO I			
		PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL				FLS:		2/7	
		ESTUDO DA ADERÊNCIA ENTRE CONCRETO E ARGAMASSAS INDUSTRIAIS E COMPOSITOS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM FIBRAS: AVALIAÇÃO EM DIFERENTES IDADES AO LONGO DO TEMPO E DO USO DE PONTE DE ADERÊNCIA.				LOCAL :		UERJ	
						DATA:		08/dez/19	
RESULTADOS DE ENSAIOS E CARACTERIZAÇÕES									
ENSAIO DE CISALHAMENTO OBLÍQUO									
RESULTADOS DOS EXTENSÔMETROS - ENSAIO DE CISALHAMENTO OBLÍQUO - Slant 10A- SIKA TIX									
Carga (KN)	Tensão de Compressão (MPa)	Tensão Normal (MPa)	Tensão de Cisalhamento (MPa)	Concreto		Argamassa			
				Strain3	Strain4	Strain1	Strain5		
5	0,49	0,48	0,12	0,20814	-4,30515	21,70430	0,00000		
10	0,98	0,96	0,24	0,41628	-15,41323	52,65475	0,00000		
15	1,47	1,44	0,36	0,62443	-26,62159	88,57850	0,00000		
20	1,96	1,92	0,48	0,83257	-34,29653	0,00013	0,00000		
25	2,45	2,40	0,60	1,04071	-44,07223	0,00018	0,00012		
30	2,94	2,88	0,72	1,24885	-57,08358	0,00022	0,00014		
40	3,92	3,36	0,84	1,45699	-69,40722	0,00025	0,00017		
50	4,90	3,85	0,96	1,66513	-82,12855	0,00029	0,00019		
60	5,88	4,33	1,08	1,87328	-96,94704	0,00032	0,00021		
70	6,86	4,81	1,20	2,08142	0,00011	0,00036	0,00023		
80	7,85	5,77	1,44	2,49770	0,00014	0,00043	0,00028		
90	8,83	6,73	1,68	2,91398	0,00017	0,00050	0,00033		
100	9,81	7,69	1,92	3,33027	0,00021	0,00057	0,00036		
110	10,79	8,65	2,16	3,74655	0,00024	0,00064	0,00041		
120	11,77	9,61	2,40	4,16284	0,00026	0,00069	0,00046		
130	12,75	10,58	2,64	4,57912	0,00030	0,00075	0,00050		
140	13,73	11,54	2,88	4,99540	0,00034	0,00075	0,00055		
150	14,71	12,50	3,12	5,41169	0,00038	0,00084	0,00059		
160	15,69	13,46	3,36	5,82797	0,00042	0,00092	0,00063		
170	16,67	14,42	3,61	6,24425	0,00045	0,00098	0,00068		
180	17,65	15,38	3,85	6,66054	0,00048	0,00105	0,00072		
190	18,63	16,34	4,09	7,07682	0,00051	0,00111	0,00077		
200	19,61	17,30	4,33	7,49310	0,00055	0,00118	0,00081		
210	20,59	18,27	4,57	7,90939	0,00058	0,00125	0,00086		
220	21,57	19,23	4,81	8,32567	0,00061	0,00132	0,00090		
230	22,56	19,71	4,93	8,53381	0,00062	0,00136	0,00093		
240	23,54	20,19	5,05	8,74195	0,00063	0,00140	0,00095		
250	24,52	20,67	5,17	8,95010	0,00064	0,00143	0,00098		
260	25,50	21,15	5,29	9,15824	0,00066	0,00146	0,00100		
270	26,48	21,63	5,41	9,36638	0,00067	0,00150	0,00102		
280	27,46	22,11	5,53	9,57452	0,00068	0,00153	0,00105		
290	28,44	22,59	5,65	9,78266	0,00069	0,00157	0,00107		
300	29,42	23,07	5,77	9,99080	0,00070	0,00161	0,00110		
310	30,40	23,55	5,89	10,19895	0,00071	0,00165	0,00113		
320	31,38	24,03	6,01	10,40709	0,00072	0,00169	0,00116		
330	32,36	24,51	6,13	10,61523	0,00074	0,00173	0,00118		

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO				ANEXO I			
				FLS:		3/7	
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL				LOCAL :		UERJ	
				DATA:		08/dez/19	
ESTUDO DA ADERÊNCIA ENTRE CONCRETO E ARGAMASSAS INDUSTRIAIS E COMPOSITOS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM FIBRAS: AVALIAÇÃO EM DIFERENTES IDADES AO LONGO DO TEMPO E DO USO DE PONTE DE ADERÊNCIA.							
RESULTADOS DE ENSAIOS E CARACTERIZAÇÕES							
ENSAIO DE CISALHAMENTO OBLÍQUO							
RESULTADOS DOS EXTENSÔMETROS - ENSAIO DE CISALHAMENTO OBLÍQUO - Slant 18A- ZENTRIFIX CR							
Carga (KN)	Tensão de Compressão (MPa)	Tensão Normal (MPa)	Tensão de Cisalhamento (MPa)	Concreto		Argamassa	
				Strain1	-	Strain2	-
5	0,47	0,12	0,21	0,0000000		0,0000000	
10	0,95	0,24	0,41	0,0000000		0,0000000	
15	1,42	0,36	0,62	0,0000000		0,0000000	
20	1,89	0,47	0,82	0,0000000		0,0000000	
25	2,37	0,59	1,03	0,0001160		0,0000000	
30	2,84	0,71	1,23	0,0001300		0,0000000	
40	3,32	0,83	1,44	0,0001410		0,0000000	
50	3,79	0,95	1,64	0,0001530		0,0000000	
60	4,26	1,07	1,85	0,0001640		0,0000000	
70	4,74	1,18	2,05	0,0001740		0,0001070	
80	5,21	1,30	2,26	0,0001850		0,0001160	
90	5,68	1,42	2,46	0,0001950		0,0001250	
100	6,16	1,54	2,67	0,0002080		0,0001370	
110	6,63	1,66	2,87	0,0002220		0,0001490	
120	7,10	1,78	3,08	0,0002380		0,0001610	
130	7,58	1,89	3,28	0,0002540		0,0001770	
140	8,05	2,01	3,49	0,0002710		0,0001920	
150	8,53	2,13	3,69	0,0002880		0,0002070	
160	9,00	2,25	3,90	0,0003050		0,0002220	
170	9,47	2,37	4,10	0,0003230		0,0002370	
180	9,95	2,49	4,31	0,0003400		0,0002530	
190	10,42	2,60	4,51	0,0003570		0,0002690	
200	10,89	2,72	4,72	0,0003750		0,0002860	
210	11,37	2,84	4,92	0,0003930		0,0003020	
220	11,84	2,96	5,13	0,0004130		0,0003200	
230	12,31	3,08	5,33	0,0004310		0,0003380	
240	12,79	3,20	5,54	0,0004490		0,0003550	
250	13,26	3,32	5,74	0,0004680		0,0003730	
260	13,73	3,43	5,95	0,0004880		0,0003910	
270	14,21	3,55	6,15	0,0005070		0,0004100	
280	14,68	3,67	6,36	0,0005270		0,0004290	
290	15,16	3,79	6,56	0,0005470		0,0004480	
300	15,63	3,91	6,77	0,0005670		0,0004670	
310	16,10	4,03	6,97	0,0005860		0,0004860	
320	16,58	4,14	7,18	0,0006060		0,0005050	
330	17,05	4,26	7,38	0,0006260		0,0005240	
340	17,52	4,38	7,59	0,0006460		0,0005440	
350	18,00	4,50	7,79	0,0006670		0,0005640	
360	18,47	4,62	8,00	0,0006900		0,0005850	
370	18,94	4,74	8,20	0,0007100		0,0006040	
380	19,42	4,85	8,41	0,0007320		0,0006230	
390	19,89	4,97	8,61	0,0007560		0,0006450	

	UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO					ANEXO I	
	PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL					FLS:	4/7
	ESTUDO DA ADERÊNCIA ENTRE CONCRETO E ARGAMASSAS INDUSTRIAIS E COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM FIBRAS: AVALIAÇÃO EM DIFERENTES IDADES AO LONGO DO TEMPO E DO USO DE PONTE DE ADERÊNCIA.					LOCAL :	UERJ
						DATA:	08/dez/19
RESULTADOS DE ENSAIOS E CARACTERIZAÇÕES							
ENSAIO DE CISALHAMENTO OBLÍQUO							
RESULTADOS DOS EXTENSÔMETROS - ENSAIO DE CISALHAMENTO OBLÍQUO - Slant 18A- ZENTRIFIX CR							
Carga (KN)	Tensão de Compressão (MPa)	Tensão Normal (MPa)	Tensão de Cisalhamento (MPa)	Concreto		Argamassa	
				Strain1	-	Strain2	-
400	20,37	5,09	8,82	0,000781		0,000667	
410	20,84	5,21	9,02	0,000804		0,000687	
420	21,31	5,33	9,23	0,000829		0,000708	
430	21,79	5,45	9,43	0,000857		0,000731	
440	22,26	5,56	9,64	0,000884		0,000754	
450	22,73	5,68	9,84	0,000912		0,000777	
460	23,21	5,80	10,05	0,000939		0,000800	
470	23,68	5,92	10,25	0,000966		0,000827	
480	24,15	6,04	10,46	0,000998		0,000857	
490	24,63	6,16	10,66	0,001024		0,000883	
500	25,10	6,28	10,87	0,001051		0,000917	
510	25,58	6,39	11,07	0,001023		0,001002	
520	26,05	6,51	11,28	0,000968		0,001112	
530	26,14	6,54	11,32	0,000887		0,001195	

		UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO				ANEXO I	
		PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL				FLS:	5/7
		ESTUDO DA ADERÊNCIA ENTRE CONCRETO E ARGAMASSAS INDUSTRIAIS E COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM FIBRAS: AVALIAÇÃO EM DIFERENTES IDADES AO LONGO DO TEMPO E DO USO DE PONTE DE ADERÊNCIA.				LOCAL :	UERJ
						DATA:	08/dez/19
RESULTADOS DE ENSAIOS E CARACTERIZAÇÕES							
ENSAIO DE CISLHAMENTO OBLÍQUO							
RESULTADOS DOS EXTENSÔMETROS - ENSAIO DE CISLHAMENTO OBLÍQUO - Slant 19A-ARGAMASSA SEM FIBRA							
Carga (KN)	Tensão de Compressão (MPa)	Tensão Normal (MPa)	Tensão de Cisalhamento (MPa)	Concreto		Argamassa	
				Strain3	Strain4	Strain1	Strain5
5	0,49	0,12	0,21	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
10	0,98	0,25	0,42	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
15	1,47	0,37	0,64	0,00000	0,00012	0,00013	0,00000
20	1,96	0,49	0,85	0,00000	0,00015	0,00016	0,00000
25	2,45	0,61	1,06	0,00000	0,00019	0,00019	0,00000
30	2,94	0,74	1,27	0,00011	0,00021	0,00022	0,00000
40	3,43	0,86	1,49	0,00014	0,00024	0,00024	0,00000
50	3,92	0,98	1,70	0,00017	0,00026	0,00027	0,00012
60	4,41	1,10	1,91	0,00019	0,00029	0,00029	0,00014
70	4,90	1,23	2,12	0,00022	0,00032	0,00032	0,00017
80	5,39	1,35	2,34	0,00024	0,00035	0,00035	0,00019
90	5,88	1,47	2,55	0,00026	0,00037	0,00037	0,00021
100	6,37	1,59	2,76	0,00029	0,00040	0,00040	0,00023
110	6,86	1,72	2,97	0,00032	0,00043	0,00043	0,00026
120	7,35	1,84	3,18	0,00034	0,00045	0,00045	0,00028
130	7,85	1,96	3,40	0,00036	0,00048	0,00048	0,00031
140	8,34	2,08	3,61	0,00040	0,00050	0,00051	0,00034
150	8,83	2,21	3,82	0,00042	0,00053	0,00053	0,00036
160	9,32	2,33	4,03	0,00045	0,00055	0,00056	0,00038
170	9,81	2,45	4,25	0,00047	0,00058	0,00059	0,00041
180	10,79	2,70	4,67	0,00053	0,00063	0,00064	0,00046
190	11,77	2,94	5,10	0,00058	0,00067	0,00070	0,00051
200	12,75	3,19	5,52	0,00064	0,00070	0,00076	0,00056
210	13,73	3,43	5,94	0,00070	0,00072	0,00083	0,00061
220	14,71	3,68	6,37	0,00076	0,00073	0,00091	0,00066
230	15,69	3,92	6,79	0,00082	0,00068	0,00102	0,00071

	UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO						ANEXO I	
	PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL						FLS:	6/7
	ESTUDO DA ADERÊNCIA ENTRE CONCRETO E ARGAMASSAS INDUSTRIAIS E COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM FIBRAS: AVALIAÇÃO EM DIFERENTES IDADES AO LONGO DO TEMPO E DO USO DE PONTE DE ADERÊNCIA.						LOCAL :	UERJ
							DATA:	08/dez/19
RESULTADOS DE ENSAIOS E CARACTERIZAÇÕES								
ENSAIO DE CISALHAMENTO OBLÍQUO								
RESULTADOS DOS EXTENSÔMETROS - ENSAIO DE CISALHAMENTO OBLÍQUO - Slant 2B- COMPÓSITO COM FIBRA 1% 8mm								
Carga (KN)	Tensão de Compressão (MPa)	Tensão Normal (MPa)	Tensão de Cisalhamento (MPa)	Concreto		Argamassa		
				Strain1	Strain5	Strain3	Strain4	
5	0,49	0,12	0,21	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	
10	0,98	0,25	0,42	0,00000	0,00000	0,00000	0,00019	
15	1,47	0,37	0,64	0,00000	0,00000	0,00000	0,00032	
20	1,96	0,49	0,85	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	
25	2,45	0,61	1,06	0,00000	0,00012	0,00014	0,00053	
30	2,94	0,74	1,27	0,00000	0,00014	0,00017	0,00065	
40	3,92	0,98	1,70	0,00000	0,00018	0,00025	0,00093	
50	4,90	1,23	2,12	0,00000	0,00022	0,00034	0,00120	
60	5,88	1,47	2,55	0,00000	0,00035	0,00046	0,00150	
70	6,86	1,72	2,97	0,00000	0,00049	0,00061	0,00178	
80	7,85	1,96	3,40	0,00000	0,00057	0,00078	0,00207	
90	8,83	2,21	3,82	0,00000	0,00062	0,00098	0,00233	

	UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO						ANEXO I	
	PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL						FLS:	7/7
	ESTUDO DA ADERÊNCIA ENTRE CONCRETO E ARGAMASSAS INDUSTRIAIS E COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM FIBRAS: AVALIAÇÃO EM DIFERENTES IDADES AO LONGO DO TEMPO E DO USO DE PONTE DE ADERÊNCIA.						LOCAL :	UERJ
							DATA:	08/dez/19
RESULTADOS DE ENSAIOS E CARACTERIZAÇÕES								
ENSAIO DE CISLHAMENTO OBLÍQUO								
RESULTADOS DOS EXTENSÔMETROS - ENSAIO DE CISLHAMENTO OBLÍQUO - Slant 6B-COMPÓSITO COM FIBRA 2% 8mm								
Carga (KN)	Tensão de Compressão (MPa)	Tensão Normal (MPa)	Tensão de Cisalhamento (MPa)	Concreto		Argamassa		
				Strain3	Strain4	Strain1	Strain5	
5	0,51	0,13	0,22	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	
10	1,01	0,25	0,44	0,00000	0,00000	0,00000	0,00015	
15	1,52	0,38	0,66	0,00000	0,00000	0,00014	0,00019	
20	2,02	0,51	0,88	0,00000	0,00000	0,00020	0,00024	
25	2,53	0,63	1,09	0,00000	0,00000	0,00026	0,00027	
30	3,03	0,76	1,31	0,00000	0,00011	0,00030	0,00027	
40	4,04	1,01	1,75	0,00000	0,00015	0,00037	0,00021	
50	5,05	1,26	2,19	0,00000	0,00018	0,00029	0,00000	