

**Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul
Escola de Engenharia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Construção e
Infraestrutura**

Vanessa Giaretton Cappellesso

**Avaliação da autocicatrização de fissuras
em concretos com diferentes cimentos**

Porto Alegre
setembro 2018

VANESSA GIARETTON CAPPELLESSO

**AVALIAÇÃO DA AUTOCICATRIZAÇÃO DE FISSURAS EM
CONCRETOS COM DIFERENTES CIMENTOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil: Construção e Infraestrutura da Universidade
Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para
obtenção do título de Mestre em Engenharia

Profa. Denise Carpena Coitinho Dal Molin
Dra. pela Universidade de São Paulo, Brasil
Orientadora

Profa. Angela Borges Masuero
Dra. pela Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Brasil
Orientadora

Porto Alegre
setembro 2018

VANESSA GIARETTON CAPPELLESSO

**AVALIAÇÃO DA AUTOCICATRIZAÇÃO DE FISSURAS EM
CONCRETOS COM DIFERENTES CIMENTOS**

Esta dissertação de mestrado foi julgada para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL, área de pesquisa Tecnologia dos Materiais e Sistemas Construtivos - Construção, e aprovada em sua forma final pelo Professor Orientador e pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Construção e Infraestrutura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 11 de setembro de 2018

Profa. Denise Carpena Coitinho Dal Molin
Dra. pela Universidade de São Paulo, Brasil
Orientadora

Profa. Angela Borges Masuero
Dra. pela Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Brasil
Orientadora

Prof. Dr. Carlos Torres Formoso
Coordenador do PPGCI/UFRGS

BANCA EXAMINADORA

Prof. Claudio de Souza Kazmierczak (UNISINOS)
Dr. pela Universidade de São Paulo, Brasil

Lucília Maria Bernardino da Silva (UFRGS)
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Prof. Ana Paula Kirchheim (UFRGS)
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Dedico este trabalho a meus pais, Walmor e Luci, e ao
Roger pelo carinho, incentivo e apoio.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus!

Agradeço em especial as minhas orientadoras, Denise e Angela, que me inspiram, por serem exemplo de engenheiras, profissionais, professoras e pessoas. É um imenso orgulho poder ser orientada por vocês, obrigada por todo auxílio e apoio nessa caminhada. Agradeço ao professor João Masuero, pelo acompanhamento no decorrer do trabalho, com ajudas nas análises dos dados e boas observações para adequação das metodologias. Agradeço a Lucília, pelo apoio desde o início, e por aceitar colaborar nesse trabalho como banca.

Agradeço ao Roger, que mesmo estando longe no período final do desenvolvimento do trabalho, esteve sempre presente e ajudando tanto pelo apoio psicológico quanto pelo apoio no desenvolvimento do trabalho escrito. Obrigada pelo companheirismo e por estar ao meu lado sempre! Agradeço a minha família, principalmente aos meus pais, por entenderem a minha ausência devido ao empenho no desenvolvimento desse trabalho, obrigada pelo apoio de sempre. Amo vocês!

Obrigada ao grupo de pesquisa, pelo apoio desde o início do desenvolvimento do trabalho, Deividi, Natália e Josué. E as bolsistas que me auxiliaram bastante na elaboração dos ensaios e coleta de dados, Jéssica, Yasmin, Luciana e Thais. Todos vocês foram muito importantes para que eu conseguisse concretizar essa pesquisa em curto período, a fim de conseguir realizar a mudança de nível para o doutorado.

Agradeço ao pessoal do laboratório, ao Airton e o Ari pelo apoio, e aos demais bolsistas que me auxiliaram na realização de ensaios, Nicolle, Amanda, Felipe, Bernardo, Giovana, Vanessinha, Anna. Agradeço aos amigos do Norie, pessoal de materiais: Laís, Ana Maran, Fernanda, Maria, Bridi, Carol, Iago, Camila, Max, Mascolo, Mauro, Marlon, e todos tive o prazer de conviver. Aos amigos das demais áreas, João e principalmente a Fernanda Brandalise, que é uma grande amiga, e me incentivou em muitos momentos para chegar até aqui. A todas essas pessoas e a outras que não mencionei, estendo meus agradecimentos.

Agradeço ao Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação (NORIE) por disponibilizar o Laboratório de Materiais e Tecnologia do Ambiente Construído (LAMTAC) para a realização da pesquisa.

A persistência é o caminho do êxito.

Charles Chaplin

RESUMO

CAPPELLESSO, V. G. **Avaliação da autocicatrização de fissuras em concretos com diferentes cimentos**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Construção e Infraestrutura, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

O aparecimento de fissuras em estruturas à base de materiais cimentícios é muitas vezes inevitável apesar de serem tomadas as precauções necessárias para evitar o aparecimento dessas manifestações. As matrizes cimentícias possuem baixa capacidade de suporte para resistirem a esforços de tração, solicitações essas originadas pela maioria das causas de fissurações nesses materiais. Assim, tornar a matriz cimentícia capaz de se autocicatrizarem quando sujeita a essas anomalias representa economia com manutenções, além de contribuir com o aumento da vida útil das estruturas. Devido ao reparo em áreas com incidência de agentes agressivos, contribui-se também com a sustentabilidade dos recursos destinados a indústria da construção civil. A compreensão do funcionamento do fenômeno de autocicatrização de fissuras, denominado como *self-healing*, ressalta a importância deste estudo a fim de garantir o entendimento do funcionamento com materiais comuns empregados em matrizes cimentícias, sem o emprego de adições ou produtos destinados a este fim. O fenômeno pode ser classificado em: cicatrização autógena ou autônoma, com capacidade intrínseca de autocicatrizarem fissuras e com a adição externa de algum mecanismo de intensificação, respectivamente. Este trabalho engloba o mecanismo de cicatrização autógena, com verificação dessa propriedade relacionada aos diferentes tipos de cimentos empregados, no qual foram utilizados três tipos de cimento para o desenvolvimento dos concretos estudados: cimento Portland composto com fíler (CPII-F), cimento Portland composto com material pozzolânico (CPIV) e cimento Portland de alta resistência inicial (CPV). Foram utilizadas três relações água/cimento: 0,30; 0,40 e 0,50, e as fissuras foram abertas em duas idades: aos 3 e aos 28 dias. A capacidade de autocicatrização se dá devido à contínua hidratação de minerais do clínquer como uma hidratação continuada ou devido à carbonatação de hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2), sendo limitada a pequenas fissuras e eficaz somente na presença de água. Para verificar ambos processos esperados como potenciais para ocorrência do fenômeno e a fim de acelerar essa ocorrência optou-se por destinar os corpos de prova, após a abertura de fissuras, a ciclos de molhagem e secagem. Quanto às análises, avaliou-se a potencialidade de autorrecuperação das propriedades mecânicas em prismas de concreto diante do ensaio de resistência à tração na flexão em quatro pontos. E para avaliação da autocicatrização por acompanhamento ao longo do tempo, foram utilizados dois ensaios não-destrutivos: o ensaio de velocidade propagação de onda ultrassônica e análise por microscopia ótica. O ensaio para verificação da recuperação das propriedades mecânicas não se mostrou satisfatório para nenhuma combinação analisada. Para os demais ensaios, os resultados apresentam melhor potencial de autocicatrização para o cimento CPIV no ensaio de velocidade de propagação de onda ultrassônica, pois analisa o fechamento pela densificação interna da matriz, possivelmente por produtos resultantes da reação pozzolânica, como o C-S-H. Já o CPV apresentou maior quantidade de produtos lixiviados com deposição superficial, demonstrando-se melhor nas análises de imagens. Assim, não foi possível afirmar qual cimento se mostrou mais eficiente.

Palavras-chave: autocicatrização, fissuras, tipo de cimento, concreto, durabilidade.

ABSTRACT

CAPPELLESSO, V. G. **Self-healing evaluation of cracked concrete with different cements**. 2018. Dissertation (Master of Science in Civil Engineering) - Postgraduate Program in Civil Engineering: Construction and Infrastructure, Engineering School, Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

The crack occurrence in structures built with cement-based materials is often inevitable despite all the precautions taken to avoid the appearance of these pathological manifestations. Cementitious matrix has a low capacity to support tensile stresses, which is the main cause of cracks in these materials. Make a cementitious matrix able of self-heal when these anomalies occur, represent economy to maintenance and contribute to increase the service life of structures. Due to the cement-based material ability to repair itself in areas with incidence of aggressive agents there are also a contribution to the sustainability of resources destined to the construction industry. The understanding of the self-healing phenomenon points out the importance of this study to assure the understanding its mechanism with regular materials used in cementitious matrix without any admixtures or other products intended to this purpose. This phenomenon can be classified as autogenous healing, with intrinsic capacity to selfheal or autonomous healing, which heals through an external admixture to improve it. This study presents the autogenous healing mechanism by verifying its properties in different types of cements, three different types of cement were used in the concrete mixes studied: Portland cement with filler (CPII-F), Portland cement with pozzolanic material (CPIV) and high early strength Portland cement (CPV). For a better understanding, three water / cement ratios were used: 0.30; 0.40 and 0.50, and the cracks were opened at two different ages: 3 and 28 days. The self-healing phenomenon occurs due to the continuous hydration of the clinker minerals as a continuous hydration or due to the carbonation of calcium hydroxide ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), limited to small cracks and effective only in the presence of water. In order to verify both expected processes as potential for occurrence of this phenomenon and in order to accelerate this occurrence, the test specimens, after cracking, where submitted to dry / wet cycles. The potential of mechanical self-recovery of the concrete properties, was evaluated using beam specimens submitted to the tensile strength test with a four-point bending. In order to evaluate the self-healing phenomenon over time, two non-destructive tests were used: the ultrasonic pulse velocity test and optical microscopy analysis. The test used to verify the recovery of the mechanical properties was considered not satisfactory by any analysis made. The other tests results show a better self-healing potential for the CPIV cement when analyzed by the ultrasonic pulse test, the method analyzes the internal densification of the matrix, possibly by products resulting from the pozzolanic reaction, such as the C-S-H. On the other hand, CPV cement presented a higher amount of leachate products with superficial deposition, demonstrating better in the images analysis. Thus, it was not possible to say which cement proved to be more efficient.

Keywords: self-healing, cracks, cement type, concrete, durability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Evolução da quantidade de artigos publicados em materiais autocicatrizantes.....	8
Figura 2 – Fluxograma da etapa de fissuração até obter o concreto recuperado.....	10
Figura 3 – Abordagens da colmatação autógena	18
Figura 4 – Diferentes causas que podem levar à colmatação natural de uma fissura.....	18
Figura 5 – Precipitação de carbonato de cálcio nas proximidades da abertura superficial da fissura.....	19
Figura 6 – Visão geral dos mecanismos que podem disparar a autocicatrização de fissuras.....	21
Figura 7 – Técnicas utilizadas para avaliação da eficiência da autocicatrização.....	22
Figura 8 – Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental.....	32
Figura 9 – Imagem de microscopia eletrônica de varredura de diferentes morfologias de CaCO ₃	36
Figura 10 – Etapas da pesquisa.....	38
Figura 11 – Esquema representativo do programa experimental.....	39
Figura 12 – Representação esquemática da matriz experimental.....	41
Figura 13 – Difratoograma do cimento CPII-F.....	45
Figura 14 – Difratoograma do cimento CPIV.....	46
Figura 15 – Difratoograma do cimento CPV.....	47
Figura 16 – Difratoograma comparativo entre os três tipos de cimentos avaliados.....	48
Figura 17 – Granulometria do agregado miúdo.....	49
Figura 18 – Distribuição granulométrica do agregado graúdo.....	50
Figura 19 – Diagrama de dosagem.....	54
Figura 20 – Ensaio de abatimento pelo tronco de cone.....	57
Figura 21 – Fôrmas utilizadas para a moldagem dos concretos.....	57
Figura 22 – Dispositivo de quatro pontos e demarcação dos terços médios.....	60
Figura 23 – Posicionamento dos apoios direcionados paralelamente ao prisma de concreto com limitador lateral.....	61
Figura 24 – Medições de espessuras de fissuras	62
Figura 25 – Registro de compartimentos dos ciclos	64
Figura 26 – Formas confeccionadas para produzir corpos de provas prismáticos para o ensaio de resistência à tração na flexão	66
Figura 27 – Ensaio de velocidade de pulso ultrassônico com análise direta	69

Figura 28 – Ensaio de velocidade de pulso ultrassônico com análise direta na parte íntegra	70
Figura 29 – Demarcação de oito zonas para análise de espessura de fissuras.....	73
Figura 30 – Exemplo de medições de espessuras de fissuras realizadas com microscopia ótica.....	74
Figura 31 – Metodologia de acompanhamento de autocicatrização por microscopia ótica	75
Figura 32 – Fluxograma esquemático do processo de pesquisa.....	78
Figura 33 – Resistências à compressão para os três cimentos: CPII-F, CPIV e CPV, em três relações água/cimento nas duas idades de aberturas de fissuras.....	80
Figura 34 – Resistência à compressão potencial dos cimentos nas idades de 3 e 28 dias para três relações água/cimento.....	81
Figura 35 – Registro fotográfico fissura no concreto com cimento CPII-F, relação a/c 0,50 e 3 dias de idade de abertura de fissura	84
Figura 36 – Registro fotográfico fissura no concreto com cimento CPII-F, relação a/c 0,50 e 3 dias de idade de abertura de fissura	84
Figura 37 – Registro fotográfico fissura no concreto com cimento CPIV, relação a/c 0,30 e 3 dias de idade de abertura de fissura.....	85
Figura 38 – Registro fotográfico fissura no concreto com cimento CPIV, relação a/c 0,50 e 3 dias de idade de abertura de fissura.....	86
Figura 39 – Registro fotográfico fissura no concreto com cimento CPV, relação a/c 0,50 e 3 dias de idade de abertura de fissura.....	86
Figura 40 – Espessuras das fissuras com abertura aos 3 dias para três relações água/cimento.....	87
Figura 41 – Espessuras das fissuras com abertura aos 28 dias para três relações água/cimento.....	88
Figura 42 – Representação esquemática da guia sugerida para distribuição de carga direcionada no corpo de prova.....	90
Figura 43 – Representação ilustrativa da localização da face de abertura da fissura na zona tracionada.....	92
Figura 44 – Registro fotográfico fissura no concreto com combinações aleatórias.....	93
Figura 45 – Fissura no concreto com cimento CPII-F, relação a/c 0,50 e 3 dias de idade de abertura de fissura, aos 91 dias, em diferentes ampliações.....	94
Figura 46 – Fissura no concreto com cimento CPII-F, relação a/c 0,50 e 3 dias de idade de abertura de fissura, aos 91 dias, em diferentes ampliações.....	94
Figura 47 – Fissura no concreto com cimento CPII-F, relação a/c 0,50 e 3 dias de idade de abertura de fissura, aos 91 dias, em diferentes ampliações.....	95
Figura 48 – Porcentagem da velocidade em relação ao íntegro inicial, com 3 dias de idade de abertura de fissuras, para os diferentes cimentos e relações água/cimento.....	97

Figura 49 – Porcentagem da velocidade em relação ao íntegro inicial, com 28 dias de idade de abertura de fissuras, para os diferentes cimentos e relações água/cimento.....	100
Figura 50 – Porcentagem da velocidade em relação ao íntegro inicial para a idade do concreto, com abertura de fissuras, aos 3 e 28 dias, para os três tipos de cimento e as três relações água/cimento.....	102
Figura 51 – Compilado da porcentagem da velocidade em relação ao íntegro inicial, com 3 dias de idade de abertura de fissuras, para os diferentes cimentos e relações água/cimento.....	104
Figura 52 – Compilado da porcentagem da velocidade em relação ao íntegro inicial, com 28 dias de idade de abertura de fissuras, para os diferentes cimentos e relações água/cimento.....	106
Figura 53 – Taxa de autocicatrização, com 3 dias de idade de abertura de fissuras, para os diferentes cimentos e relações água/cimento.....	107
Figura 54 – Taxa de autocicatrização, com 28 dias de idade de abertura de fissuras, para os diferentes cimentos e relações água/cimento.....	109
Figura 55 – Taxa de autocicatrização compilada para os diferentes cimentos, com 3 dias de idade de abertura de fissuras, para os diferentes cimentos para as relações água/cimento.....	110
Figura 56 – Taxa de autocicatrização compilada para os diferentes cimentos, com 28 dias de idade de abertura de fissuras, para os diferentes cimentos para as relações água/cimento.....	111
Figura 57 – Acompanhamento por microscopia ótica aos 0, 14 e 91 dias do CII-F, a/c 0,30, para 3 dias de idade de abertura de fissuras.....	113
Figura 58 – Imagem de microscopia ótica para a zona 2 do CII-F, a/c 0,30, para 3 dias de idade de abertura de fissura.....	113
Figura 59 – Acompanhamento por microscopia ótica aos 0, 14 e 91 dias do CII-F, a/c 0,40 para 3 dias de idade de abertura de fissuras.....	114
Figura 60 – Imagem de microscopia ótica para a zona 7 do CII-F, a/c 0,40, para 3 dias de idade de abertura de fissura.....	114
Figura 61 – Acompanhamento por microscopia ótica aos 0, 14 e 91 dias do CII-F, a/c 0,50 para 3 dias de idade de abertura de fissuras.....	115
Figura 62 – Imagem de microscopia ótica para a zona 2 do CII-F, a/c 0,50, para 3 dias de idade de abertura de fissura.....	115
Figura 63 – Acompanhamento por microscopia ótica aos 0, 14 e 91 dias do CII-F, a/c 0,30 para 28 dias de idade de abertura de fissuras.....	116
Figura 64 – Imagem de microscopia ótica para a zona 2 do CII-F, a/c 0,30, para 28 dias de idade de abertura de fissura.....	116
Figura 65 – Acompanhamento por microscopia ótica aos 0, 14 e 91 dias do CII-F, a/c 0,40 para 28 dias de idade de abertura de fissuras.....	117
Figura 66 – Imagem de microscopia ótica para a zona 5 do CII-F, a/c 0,40, para 28 dias de idade de abertura de fissura (a) 0 dias; (b) 14 dias; (c) 91 dias.....	117

Figura 67 – Acompanhamento por microscopia ótica aos 0, 14 e 91 dias do CPII-F, a/c 0,50 para 28 dias de idade de abertura de fissuras.....	118
Figura 68 – Imagem de microscopia ótica para a zona 5 do CPII-F, a/c 0,50, para 28 dias de idade de abertura de fissura.....	118
Figura 69 – Acompanhamento por microscopia ótica aos 0, 14 e 91 dias do CPIV, a/c 0,30 para 3 dias de idade de abertura de fissuras.....	119
Figura 70 – Imagem de microscopia ótica para a zona 5 do CPIV, a/c 0,30, para 3 dias de idade de abertura de fissura.....	119
Figura 71 – Acompanhamento por microscopia ótica aos 0, 14 e 91 dias do CPIV, a/c 0,40 para 3 dias de idade de abertura de fissuras.....	120
Figura 72 – Imagem de microscopia ótica para a zona 5 do CPIV, a/c 0,40, para 3 dias de idade de abertura de fissura.....	120
Figura 73 – Acompanhamento por microscopia ótica aos 0, 14 e 91 dias do CPIV, a/c 0,50 para 3 dias de idade de abertura de fissuras.....	121
Figura 74 – Imagem de microscopia ótica para a zona 2 do CPIV, a/c 0,50, para 3 dias de idade de abertura de fissura	121
Figura 75 – Acompanhamento por microscopia ótica aos 0, 14 e 91 dias do CPIV, a/c 0,30 para 28 dias de idade de abertura de fissuras.....	122
Figura 76 – Imagem de microscopia ótica para a zona 4 do CPIV, a/c 0,30, para 28 dias de idade de abertura de fissura.....	122
Figura 77 – Acompanhamento por microscopia ótica aos 0, 14 e 91 dias do CPIV, a/c 0,40 para 28 dias de idade de abertura de fissuras.....	123
Figura 78 – Imagem de microscopia ótica para a zona 2 do CPIV, a/c 0,40, para 28 dias de idade de abertura de fissura.....	123
Figura 79 – Acompanhamento por microscopia ótica aos 0, 14 e 91 dias do CPIV, a/c 0,50 para 28 dias de idade de abertura de fissuras.....	124
Figura 80 – Imagem de microscopia ótica para a zona 2 do CPIV, a/c 0,50, para 28 dias de idade de abertura de fissura.....	124
Figura 81 – Acompanhamento por microscopia ótica aos 0, 14 e 91 dias do CPV, a/c 0,30 para 3 dias de idade de abertura de fissuras.....	125
Figura 82 – Imagem de microscopia ótica para a zona 1 do CPV, a/c 0,30, para 3 dias de idade de abertura de fissura.....	126
Figura 83 – Acompanhamento por microscopia ótica aos 0, 14 e 91 dias do CPV, a/c 0,40 para 3 dias de idade de abertura de fissuras.....	127
Figura 84 – Imagem de microscopia ótica para a zona 6 do CPV, a/c 0,40, para 3 dias de idade de abertura de fissura.....	127
Figura 85 – Acompanhamento por microscopia ótica aos 0, 14 e 91 dias do CPV, a/c 0,50 para 3 dias de idade de abertura de fissuras, para a amostra 1.....	129
Figura 86 – Imagem de microscopia ótica para a zona 8 do CPV, a/c 0,50, para 3 dias de idade de abertura de fissura.....	129

Figura 87 – Imagem de microscopia ótica para a zona 7 do CPV, a/c 0,50, para 3 dias de idade de abertura de fissura.....	130
Figura 88 – Acompanhamento por microscopia ótica aos 0, 14 e 91 dias do CPV, a/c 0,50 para 3 dias de idade de abertura de fissuras, para a amostra 2.....	131
Figura 89 – Imagem de microscopia ótica para a zona 3 do CPV, a/c 0,50, para 3 dias de idade de abertura de fissura.....	132
Figura 90 – Acompanhamento por microscopia ótica aos 0, 14 e 91 dias do CPV, a/c 0,30 para 28 dias de idade de abertura de fissuras.....	132
Figura 91 – Imagem de microscopia ótica para a zona 3 do CPV, a/c 0,30, para 28 dias de idade de abertura de fissura.....	133
Figura 92 – Acompanhamento por microscopia ótica aos 0, 14 e 91 dias do CPV, a/c 0,40 para 28 dias de idade de abertura de fissuras.....	134
Figura 93 – Imagem de microscopia ótica para a zona 5 do CPV, a/c 0,40, para 28 dias de idade de abertura de fissura.....	134
Figura 94 – Acompanhamento por microscopia ótica aos 0, 14 e 91 dias do CPV, a/c 0,50 para 28 dias de idade de abertura de fissuras.....	135
Figura 95 – Imagem de microscopia ótica para a zona 4 do CPV, a/c 0,50, para 28 dias de idade de abertura de fissura.....	136
Figura 96 – Taxa de autocicatrização para a abertura de 3 dias, em três relações água/cimento, aos 0, 14 e 91 dias de acompanhamento.....	138
Figura 97 – Taxa de autocicatrização para a abertura de 28 dias, em três relações água/cimento, aos 0, 14 e 91 dias de acompanhamento.....	139
Figura 98 – Taxa de autocicatrização para a abertura de 3 dias, em três relações água/cimento, aos 0, 14 e 91 dias de acompanhamento, para os dois métodos de avaliação.....	140
Figura 99 – Exemplo de metodologia adaptada para quantificação de imagens microscópicas ao longo do tempo.....	142

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Tipos de autocicatrização em materiais cimentícios com exemplos de utilizações	16
Quadro 2 – Fatores que influenciam na autocicatrização.....	24
Quadro 3 – Principais compostos do cimento Portland.....	25
Quadro 4 – Características físico-químicas do aditivo.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Caracterização físico-mecânica e química dos cimentos utilizados.....	44
Tabela 2 – Porcentagem retida nas peneiras da série normal para o agregado miúdo.....	49
Tabela 3 – Porcentagem retida nas peneiras para os agregados graúdos.....	50
Tabela 4 – Caracterização física do agregado graúdo.....	51
Tabela 5 – Resultado da curva de dosagem experimental.....	54
Tabela 6 – Proporcionamento dos concretos.....	55
Tabela 7 – Consumo de cimento por tipo de cimento utilizado para os mesmos traços de concretos desenvolvimentos.....	55
Tabela 8 – Abatimento, quantidade de aditivo (% sobre a massa de cimento) e condições climáticas.....	56
Tabela 9 – Resistência à compressão aos 3 dias.....	79
Tabela 10 – Resistência à compressão aos 28 dias.....	80
Tabela 11 – Espessuras médias das fissuras realizadas aos 3 e 28 dias para concretos confeccionados com diferentes relações água/cimento e diferentes tipos de cimento.....	89

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1	26
Equação 2	26
Equação 3	67
Equação 4	67
Equação 5	71
Equação 6	72

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ACI – American Concrete Institute

DMAE – Departamento Municipal de Água e Esgoto de Porto Alegre

EPUSP - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

f_{ck} – Resistência Característica do Concreto à Compressão

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas

LACER – Laboratório de Materiais Cerâmicos

LAMTAC – Laboratório de Materiais e Tecnologia do Ambiente Construído

NBR – Norma Brasileira Regulamentada

NORIE – Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação

pH – Potencial de Hidrogênio

PPGCI - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Construção e Infraestrutura

RILEM - International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials, Systems and Structures

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	4
1.1 CONTEXTO DA PESQUISA	7
1.2 IMPORTÂNCIA E JUSTIFICATIVA	9
1.3 OBJETIVOS	11
1.3.1 Objetivo geral.....	11
1.3.2 Objetivos específicos.....	11
1.4 HIPÓTESES.....	12
1.5 LIMITAÇÕES.....	12
1.6 DELIMITAÇÕES	13
1.7 ESTRUTURA DA PESQUISA	13
2 AUTOCICATRIZAÇÃO DE MATERIAIS CIMENTÍCIOS	15
2.1 FATORES INTERVENIENTES NA AUTOCICATRIZAÇÃO EM MATERIAIS CIMENTÍCIOS	23
2.1.1 Aglomerantes	24
2.1.2 Relação água/aglomerante	29
2.1.3 Idade de abertura de fissuras	30
2.1.4 Espessura de fissuras.....	30
2.1.5 Ambiente de exposição	33
3 PROGRAMA EXPERIMENTAL	37
3.1 METODOLOGIA	37
3.2 VARIÁVEIS SELECIONADAS	38
3.2.1 Variáveis de resposta.....	38
3.2.2 Variáveis controladas	39
3.2.3 Variáveis não controladas.....	41
3.2.4 Variáveis fixas	41
3.3 MATERIAIS EMPREGADOS.....	41
3.3.1 Cimentos	42
3.3.1.1 Massa específica.....	42
3.3.1.2 Granulometria	43
3.3.1.3 Área superficial.....	43
3.3.1.4 Composição química.....	43
3.3.1.5 Resistência à compressão dos cimentos	44

3.3.1.6 Caracterização físico-mecânica e química dos cimentos utilizados	44
3.3.1.7 Caracterização mineralógica	44
3.3.2 Agregado miúdo.....	48
3.3.3 Agregado graúdo	49
3.3.4 Aditivo redutor de água	51
3.3.5 Água	52
3.4 PRODUÇÃO DOS CONCRETOS	53
3.4.1 Dosagem dos concretos.....	53
3.4.2 Mistura dos materiais.....	56
3.4.3 Ensaio de consistência.....	56
3.4.4 Moldagem dos corpos de prova	57
3.4.5 Cura	58
3.4.6 Abertura de fissuras	58
3.4.7 Ciclo de molhagem e secagem.....	62
3.5 ENSAIOS REALIZADOS	64
3.5.1 Caracterização dos concretos	65
3.5.2 Técnicas de avaliação para a autocicatrização	65
3.5.2.1 Recuperação das propriedades mecânicas: ensaio de flexão em quatro pontos... 65	
3.5.2.2 Recuperação de estanqueidade: velocidade de propagação de onda ultrassônica 67	
3.5.2.3 Visualização e determinação da autocicatrização: microscopia ótica	72
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	79
4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS CONCRETOS	79
4.2 TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO PARA A AUTOCICATRIZAÇÃO	82
4.2.1 Espessura de fissuras.....	82
4.2.2.1 Prismas para recuperação das propriedades mecânicas	82
4.2.2.2 Prismas para análises de autocicatrização de fissuras	87
4.2.2 Recuperação das propriedades mecânicas: ensaio de flexão em quatro pontos.....	90
4.2.3 Recuperação de estanqueidade: velocidade de propagação de onda ultrassônica ..	95
4.2.4 Visualização e determinação da autocicatrização: microscopia ótica	112
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	143
6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	146
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	147

1 INTRODUÇÃO

O concreto de cimento Portland foi descoberto no fim do século XIX, e no século XX foi utilizado de maneira intensa pela sociedade, tornando-se o material mais consumido pelo homem depois da água (HELENE; ANDRADE, 2010). Por este ser largamente utilizado em diversos ambientes, pode estar sujeito a situações distintas e, de acordo com a composição, desempenhar eficiência diferenciada a cada circunstância. Em ambientes agressivos, as interações com o meio podem comprometê-lo através do aparecimento de manifestações patológicas, as quais afetam a durabilidade das estruturas e, conseqüentemente, a vida útil.

De acordo com Mehta e Monteiro (2014), efeitos físicos e químicos podem influenciar na redução da durabilidade das estruturas de concreto. Segundo os autores, as causas físicas podem contribuir com o agravamento das causas químicas, pois ambas são intimamente relacionadas, dessa forma, muitas vezes se torna difícil conhecer as origens e as causas das manifestações patológicas.

Entre os efeitos físicos que afetam as estruturas de concreto, a fissuração contribui para o comprometimento da durabilidade, pois essa manifestação patológica serve como caminho preferencial para a entrada de agentes agressivos (HUANG et al., 2016). A fissuração também pode afetar a segurança, a estanqueidade dos elementos, a transmissão de sons, a questão estética e o psicológico.

Em materiais cimentícios a fissuração é uma das principais causas físicas de deterioração com maior incidência nas estruturas de concreto (DAL MOLIN, 1988; MOSH, 2009), e pode decorrer por vários fatores, tais como: variação volumétrica devido a gradientes de temperatura e umidade ou a pressão de cristalização de sais nos poros; carregamento estrutural por sobrecarga e impacto ou carregamento cíclico; ou exposição à temperatura extrema como ciclos de gelo-degelo ou fogo (MEHTA; MONTEIRO, 2014). Segundo Gjörv (2015, p. 9) “[...] procedimentos aperfeiçoados e as especificações para combinações apropriadas de qualidade do concreto e cobrimento do concreto são muito importantes [...] e a garantia de qualidade durante a execução da estrutura de concreto também [...]”. Além dos cuidados necessários e das especificações para garantir a durabilidade descritas nas NBR

6118 (ABNT, 2014) e NBR 15575 (ABNT, 2013), conhecer a composição e o comportamento dos materiais que são especificados é essencial.

Ao se projetar estruturas de concreto armado, já são admitidas as fissurações nas primeiras idades devidos aos ciclos térmicos e de umidade, e dessa forma, com cuidados de projeto e correto detalhamento consegue-se evitar a ocorrência ou ao menos limitar a quantidade e espessura das fissuras. No entanto, na maioria das vezes a dificuldade é extrema em alcançar esse objetivo, pois é necessário obter conhecimento detalhado por meio de ensaios de todos os processos envolvidos, tais como: lançamento, cura, desforma e solicitações de uso.

Alguns métodos usuais de prevenção de fissuras em estruturas de concreto como o maior detalhamento e especificações na fase de planejamento e execução, escolha de materiais adequados nas proporções ideais, entre outros, têm grande contribuição para evitar a fissuração. Atualmente, pesquisas relacionadas à autocicatrização de materiais cimentícios, com o uso de novas tecnologias adicionadas à matriz, indicam uma nova opção para prevenir a deterioração das estruturas por fissuração. O *Self-healing concrete* é um termo usado para materiais cimentícios com capacidade de se autorreparar após a estrutura sofrer algum dano devido a algum mecanismo de deterioração que gere fissuras.

Os materiais de autocicatrização, denominados como *self-healing*, podem ser materiais com capacidade interna autógena para reparar danos ou com ajuda mínima de algum estímulo externo desenvolvendo reparação de maneira autônoma (DE ROOIJ et al., 2013). A capacidade interna de reparação é conhecida como colmatação autógena, conceito esse descrito na literatura como a capacidade natural de materiais cimentícios se autorrepararem. Devido à contínua hidratação dos compostos do clínquer ou à carbonatação do hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), as fissuras podem cicatrizar ao longo do tempo. No entanto, a cura autógena é limitada a pequenas fissuras, sendo eficaz somente quando a água está disponível (VAN TITTELBOOM; DE BELIE, 2013). A autocicatrização autógena dos materiais cimentícios pode ser intensificada com o uso de adições minerais. Algumas pesquisas demonstraram os benefícios da utilização de cinzas volantes e escória de alto forno para este fim (ŞAHMARAN; LI, 2009; HUANG; YE; DAMIDOT, 2014; ZHANG; QIAN; MA, 2014).

Atualmente, há grande ênfase em pesquisas de materiais com capacidade de autocicatrização, sendo mais intensa em relação à colmatação autônoma (JONKERS et al., 2010; NISHIWAKI et al., 2014; MAES; VAN TITTELBOOM; DE BELIE, 2014; SNOECK; SMETRYNS; DE

BELIE, 2015; WANG et al., 2016). Este tipo de autocicatrização ocorre pela inserção de algum mecanismo que realize essa reparação, por exemplo, a inserção de microcápsulas ou fibras ocas preenchidas com agente cicatrizante; ou o uso de bactérias regenerativas que produzem carbonato de cálcio para fechamento das fissuras (VAN TITTELBOOM; DE BELIE, 2013). Logo, a colmatação autônoma não se trata da predisposição da própria matriz cimentícia de realizar a autocicatrização.

A fim de contribuir para o conhecimento de aprimoramento das matrizes cimentícias com a capacidade de autocicatrização, para essa pesquisa foi escolhida a abordagem de *self-healing* por colmatação autógena com o uso de diferentes cimentos. Visto que esta é uma medida com maior facilidade de ser empregada, por não exigir a utilização de materiais pouco difundidos na prática, como é o caso da colmatação autônoma. Além de conhecer o desempenho dos cimentos usualmente empregados diante deste fenômeno, esta pesquisa teve o intuito de propor e/ou validar metodologias adequadas para avaliação da capacidade de autocicatrização de matrizes cimentícias.

Este trabalho faz parte de um projeto de pesquisa desenvolvido pelo Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação (NORIE) dentro do Laboratório de Materiais e Tecnologia do Ambiente Construído (LAMTAC), na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sobre a Autocicatrização de fissuras em materiais cimentícios, por coordenação da professora Denise C. C. Dal Molin e com participação da professora Angela B. Masuero.

Neste grupo de pesquisa estão sendo estudados fenômenos de autocicatrização autógena e autônoma. A doutoranda Natália dos Santos Petry tem trabalho em desenvolvimento para avaliar diferentes ambientes de exposição para autocicatrização autógena em concretos. O mestrando Josué Augusto Arndt tem o trabalho em desenvolvimento avaliando impermeabilizantes por cristalização comerciais frente ao fenômeno de autocicatrização autógena. O mestrando Deividi Maurenre Gomes da Silva está avaliando polímeros superabsorventes como forma de contribuir na autocicatrização autógena de maneira autônoma. Além de demais trabalhos de graduação e iniciação científica vinculados ao projeto.

O intuito desse grupo de pesquisa, criado para estudar o fenômeno de autocicatrização, denominado como Grupo autocicatrização LAMTAC/NORIE/UFRGS, é contribuir para o maior entendimento do problema para auxiliar no desenvolvimento tecnológico e científico

com foco no aumento de durabilidade diante do fenômeno de autocicatrização em materiais cimentícios.

1.1 CONTEXTO DA PESQUISA

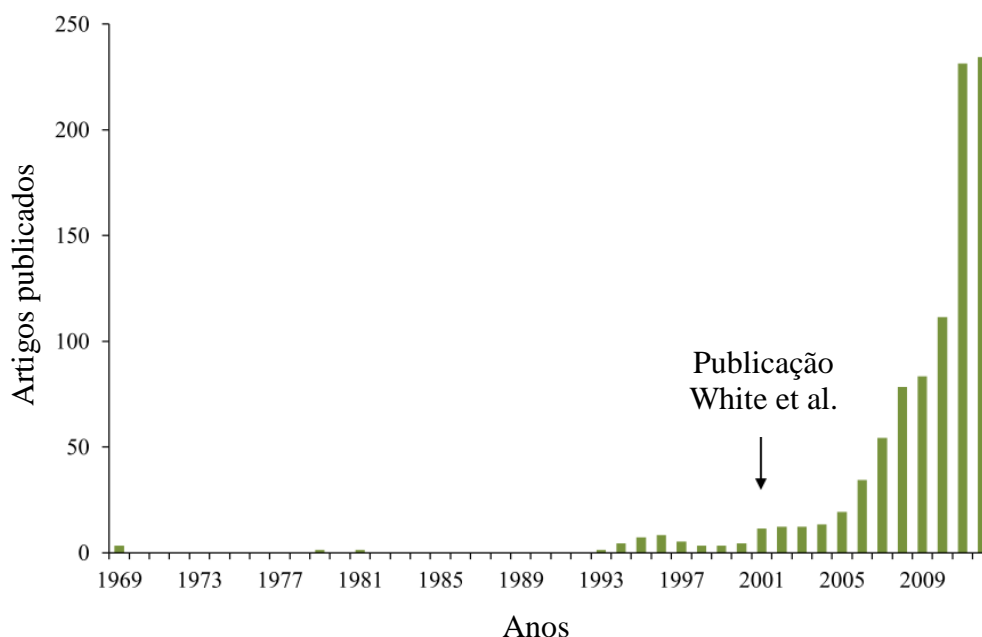
Devido ao aumento da degradação das estruturas nos últimos anos decorrente da falta de cuidados prévios e de falhas nos processos de planejamento e execução das obras, a importância no aprimoramento dos materiais que estão sendo empregados recebeu maior relevância. A busca por tecnologias avançadas que colaborem com a prevenção de fissuras e com o aumento da durabilidade dos materiais é quase uma obrigatoriedade, principalmente após implementação da norma de desempenho (ABNT NBR 15575, 2013), que exige o atendimento de vida útil em nível superior de 50 anos para estruturas de concreto armado.

A autocicatrização em materiais cimentícios não é uma questão atual, visto que em 1836 a Academia Francesa da Ciência relatou esse fenômeno em estruturas de retenção de água e tubulações. Desde então, iniciaram-se estudos neste quesito, e durante o século XX foram registrados processos de autocicatrização de fissuras em pontes e em reservatórios (DE ROOIJ et al., 2013).

Em estudo de revisão bibliográfica realizado por Van Tittelboom e De Belie (2013), foi apresentado um gráfico que mostra a evolução de publicações de artigos referentes à estudos relacionados à autocicatrização. Neste consta que em 1969, pela primeira vez, foram introduzidos insumos com propriedade de autocicatrização em materiais poliméricos. No entanto, somente em 1994, Carolyn Dry, nos EUA, propôs introduzir intencionalmente propriedades de autocicatrização no concreto, publicando suas descobertas em 1996 (DRY, 1996), sendo este o ponto de partida para demais pesquisadores iniciarem uma investigação a respeito do fenômeno. E em 2001, quando White et al. (2001) ¹ publicaram um artigo na revista *Nature* sobre autocicatrização em materiais poliméricos, as pesquisas neste aspecto começaram a expandir (Figura 1) (VAN TITTELBOOM; DE BELIE, 2013).

¹ WHITE, S.R.; SOTTOS, N.R.; MOORE, J.; GEUBELLE, P.; KESSLER, M.; BROWN, E.; SURESH, S.; VISWANATHAN, S. Autonomic healing of polymer composites. *Nature* 2001, 409, 794–797.

Figura 1 – Evolução da quantidade de artigos publicados em materiais autocicatrizantes



(fonte: VAN TITTELBOOM; DE BELIE, 2013)

Em 2005, foi criado pela RILEM um comitê técnico para estudar os fenômenos de autocicatrização em materiais de base cimentícia (*Self-Healing Phenomena in Cement-Based Materials*), o SHC 221, inspirado em obras centenárias que sobrevivem pela capacidade de colmatação natural dos aglomerantes. Na Figura 1, pode-se notar que a partir do ano de criação do SHC 221 houve um aumento considerável na publicação de artigos relacionados ao assunto. Este comitê foi finalizado no ano 2013, neste mesmo ano, o conhecimento adquirido na área de autocicatrização em materiais cimentícios nos últimos 20 a 25 anos foi resumido em um volume de publicação do RILEM denominado como *Self-Healing Phenomena in Cement-Based Materials* (tradução própria: Fenômeno de autocicatrização em materiais cimentícios) (DE ROOIJ et al., 2013).

Apesar do SHC 221 ter oferecido adequadas explicações e fornecido conhecimento sobre o assunto, dúvidas e lacunas ainda precisam ser resolvidas e preenchidas. Diante disso, em 2016, foi criado um novo comitê coordenado pelos Prof. Dr. Feng Xing e Erik Schlangen, inserido na RILEM, o SHE: *Self-healing concrete – Its efficiency and evaluation*, o qual tem previsão de fornecer dados sobre o que está sendo estudado diante de revisões bibliográficas e artigos científicos publicados. A previsão de ocorrência deste comitê é de aproximadamente 4 a 5 anos. Ainda mais recente em janeiro de 2018, ocorreu a primeira edição do SARCOS -

Self-healing As prevention Repair of COncrete Structures, o qual foi um curso aplicado a pessoas pré-selecionadas mundialmente para treinamento de técnicas, formas existentes de autocicatrização, modelagem, processos de aberturas de fissuras e impactos de reparos preventivos.

Assim, as pesquisas relacionadas ao fenômeno de autocicatrização em materiais cimentícios vem crescendo exponencialmente, com grande ênfase em novas tecnologias que podem ser inseridas na matriz para corroborar com a autocicatrização autônoma, como bactérias ou agentes adesivos encapsulados. Sobre a autocicatrização autógena, pesquisas relacionadas ao uso de adições minerais (ŞAHMARAN; LI, 2009; TERMKHAJORNKIT, 2009; AHN; KISHI, 2010; HUANG; YE; DAMIDOT, 2014; ZHANG; QIAN; MA, 2014; HUANG et al., 2014, entre outros) e aditivos impermeabilizantes por cristalização (TAKAGI, 2013; ROIG-FLORES, 2015; CAPPELLESSO et al., 2016; NEVŘIVOVÁ et al., 2018; ŽIŽKOVÁ et al., 2018; HIRATA, 2018, entre outros) têm ganhado maior enfoque, no entanto ainda há carência no entendimento do funcionamento de determinados aglomerantes, seja por composição química ou por tamanho de partícula (HUANG et al., 2016).

1.2 IMPORTÂNCIA E JUSTIFICATIVA

Os materiais cimentícios são muito suscetíveis à formação de fissuras devido à baixa capacidade de resistir às solicitações de tração, assim, estruturas de concreto fissuram com frequência, principalmente devido aos efeitos da retração restringida por alterações de umidade e temperatura (MEHTA; MONTEIRO, 2014). Essas fissuras podem permitir a entrada de agentes agressivos, afetando assim a durabilidade e, então, nesses casos, surge a necessidade de realizar reparos nesses elementos comprometidos.

No livro *Self-healing Materials* (GHOSH, 2009) é apresentado um conceito denominado como paradigma da prevenção de danos, o qual seria baseado no desenvolvimento de projeto com correto dimensionamento para que as estruturas tivessem uma adequada microestrutura forte o suficiente para se opor à formação e à propagação de fissuras. Nesse conceito de design de prevenção de danos, o dano no material nunca seria alcançado. No entanto, sabe-se que para os materiais desenvolvidos até hoje, nenhum dano seria algo utópico, então se torna imprescindível a rotina de inspeção para monitoramento e execução de manutenções necessárias quando não se tem um material capaz de fazer o autorreparo.

Um concreto durável é aquele que mantém suas características para preservar a qualidade de uso no ambiente para o qual foi projetado. No entanto, sabe-se que a microestrutura sofre mudanças ao longo do tempo devido ao resultado de interações com o ambiente. Em decorrência disso, o conceito alternativo de gestão de danos se baseia na ideia de que o dano não se torna um problema desde que seja monitorado e recuperado antes de provocar agravamento da situação (GHOSH, 2009). Assim, os materiais com capacidade de autocicatrização podem executar essa gestão de danos, reduzindo a necessidade de mobilização humana para realizar a recuperação.

A autocicatrização dos materiais cimentícios prolonga a vida útil das estruturas e evita reparos sucessivos, promovendo aumento da durabilidade e redução de custos com manutenções, visto que o fenômeno ocorre logo após a ocorrência do dano na estrutura. O fluxograma ilustrado na Figura 2 demonstra esse processo descrito e as etapas que poderiam ser extintas, obtendo o material cimentício recuperado sem a necessidade da realização de reparos.

Figura 2 – Fluxograma da etapa de fissuração até obter o concreto recuperado



(fonte: própria da autora)

Além disso, quando há necessidade de realizar reparos, os custos do ciclo de vida das estruturas são elevados, e ainda, em alguns casos, é necessário interromper o uso da estrutura para que se realize os reparos (VAN TITTELBOOM; DE BELIE, 2013). Diante disso, custos indiretos podem se tornar muito maiores do que os custos diretos de reparação, além do que executar reparos duráveis não é uma tarefa simples (BREUGEL, 2007). Portanto, o desafio dos pesquisadores é desenvolver novas tecnologias capazes de produzir materiais com maior segurança, vida útil prolongada sem a necessidade de manutenção ou ainda, aprimorar as tecnologias já existentes para que desempenhem funções com maior eficiência, tendo assim, a quantidade reduzida de custos de reparação. Dessa forma, as estruturas seriam autossuficientes para detectar seus próprios danos e reparar elas mesmas.

Essa preocupação em manter a durabilidade para alcançar a vida útil projetada das estruturas traz ganhos socioeconômicos e ambientais. Em países industrialmente desenvolvidos, se estima que 40% dos recursos destinados à indústria da construção civil são empregados em reparos e manutenções de estruturas já existentes, sendo que somente 60% são empregados em novos empreendimentos (MEHTA; MONTEIRO, 2014). A porcentagem referente a reparos deveria ser bastante reduzida, a fim de diminuir esses custos que resultam no aumento dos custos do ciclo de vida das construções.

Embora o concreto tenha surgido há muitos séculos sua microestrutura é bastante complexa e heterogênea e, até os dias de hoje há muitas indagações a respeito da relação entre a microestrutura e as propriedades do concreto. Devido a isso, a seleção dos materiais assim como de suas proporções é o passo inicial para obter um concreto que atenda as propriedades desejadas (NEVILLE, 2016).

O desempenho de um material autocicatrizante depende de dois processos dependentes entre si, que são: a taxa de formação de danos e a taxa de recuperação do dano autocicatrizado (DE ROOIJ et al., 2013). A relevância desta pesquisa é apresentar a tecnologia de concretos com capacidade de autocicatrização devida à colmatação autógena, utilizando três tipos diferentes de cimento para avaliar as propriedades intrínsecas da própria matriz cimentícia de recuperação por meio da seleção dos materiais e de suas proporções.

1.3 OBJETIVOS

O objetivo principal e os objetivos secundários serão descritos nos itens a seguir.

1.3.1 Objetivo geral

O objetivo geral desta pesquisa é analisar a capacidade de autocicatrização de fissuras em concretos com a utilização de diferentes tipos de cimento.

1.3.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- a) verificar a influência de diferentes relações água/cimento (0,30, 0,40 e 0,50) na capacidade de autocicatrização;

- b) verificar a influência de diferentes idades de abertura de fissuras (3 e 28 dias) na capacidade de autocicatrização;
- c) verificar a influência de variações de espessura das aberturas de fissuras na capacidade de autocicatrização;
- d) verificar a viabilidade do ensaio de velocidade de propagação de onda ultrassônica, segundo NBR 8802 (ABNT, 2013), para detectar a autocicatrização do concreto;
- e) verificar a viabilidade da análise de imagens por microscopia ótica ao longo do tempo para detectar a autocicatrização do concreto;
- f) propor melhoria nas técnicas para avaliação da autocicatrização.

1.4 HIPÓTESES

Espera-se que os concretos com relações água/cimento menores tenham maior capacidade de autocicatrização devido a maior quantidade de grãos anidros inseridos na matriz cimentícia quando comparados a concretos com maiores relações água/cimento. Assim como, concretos fissurados nas primeiras idades também tenham maior potencial de autocicatrização do que aqueles fissurados posteriormente, visto que há tempo insuficiente para a ocorrência de grande parte das reações de hidratação, dessa forma, a hidratação continuada e a autocicatrização autógena ocorrem simultaneamente.

Espera-se também que os cimentos com maior quantidade de hidróxido de cálcio não utilizado nas reações de hidratação tenham maior capacidade de formar carbonato de cálcio como produto de fechamento das fissuras.

1.5 LIMITAÇÕES

Algumas limitações inerentes a essa pesquisa são salientadas:

- a) ambiente de preparo dos concretos fora de ambiente climatizado;
- b) câmara utilizada para ciclos de molhagem e secagem sem controle de umidade relativa, apenas temperatura e medições das condições do ambiente (temperatura e umidade relativa);
- c) variação de operadores no desenvolvimento da coleta de dados no ensaio de velocidade de propagação de onda ultrassônica devido à grande quantidade de coleta de dados;
- d) saturação interna dos corpos de prova variada conforme o andamento dos ciclos de molhagem e secagem presentes na câmara de ciclagem;

- e) as aberturas de fissuras nos concretos analisados geraram fissuras com variações geométricas resultantes dos diferentes traços empregados.

1.6 DELIMITAÇÕES

Delimitou-se:

- a) o uso de três tipos de cimentos utilizados na região sul do Brasil;
- b) a avaliação de três relações água/cimento: 0,30, 0,40 e 0,50;
- c) a avaliação de duas idades de aberturas de fissuras: 3 e 28 dias;
- d) condições ideais de cura até as idades de abertura de fissuras, conforme NBR 5738 (ABNT, 2015);
- e) único tipo de ambiente de exposição para todas as amostras – ciclos de molhagem e secagem;
- f) a caracterização do concreto pelo ensaio de resistência à compressão axial e absorção de água por capilaridade;
- g) três técnicas de avaliação da autocicatrização: visualização e determinação da autocicatrização (microscopia ótica), recuperação de estanqueidade (ensaio de velocidade de propagação de onda ultrassônica) e recuperação de propriedades mecânicas (resistência à tração a flexão em quatro pontos).

1.7 ESTRUTURA DA PESQUISA

A pesquisa foi estruturada em seis capítulos que serão descritos a seguir.

O primeiro capítulo engloba a introdução, a contextualização e a justificativa para a necessidade de conhecer como os diferentes tipos de cimentos corroboram para o fenômeno da autocicatrização em concretos devido à colmatação autógena. Além dos objetivos, as hipóteses que são esperadas com o desenvolvimento desse trabalho, seguidas pelas limitações e delimitações empregadas nessa pesquisa.

No segundo capítulo é apresentada uma revisão bibliográfica sobre a autocicatrização em materiais cimentícios, sendo descritos os tipos que existem, quais os principais mecanismos para a ocorrência do fenômeno. Além dos fatores intervenientes para o processo, tais como o tipo de aglomerante, a relação água/aglomerante, a idade de ocorrência, a espessura das fissuras e o ambiente de exposição.

No terceiro capítulo consta o programa experimental desenvolvido nessa pesquisa, que compreende o entendimento das variáveis de respostas a serem alcançadas, o planejamento, a

descrição dos materiais utilizados e os ensaios e metodologias empregadas para o melhor entendimento e clareza para aquisição dos resultados.

No quarto capítulo apresenta-se os resultados obtidos para cada método empregado, tanto para a caracterização dos concretos ensaiados, como em relação às técnicas empregadas para avaliação da autocicatrização nesses concretos. Juntamente com os resultados são apresentadas as análises, as discussões e as justificativas baseadas na literatura para incrementar o entendimento dos dados adquiridos.

No quinto capítulo são apresentadas as considerações finais diante da pesquisa demonstrada com conclusões referentes aos resultados obtidos.

Por fim, no sexto capítulo são feitas algumas sugestões para trabalhos futuros diante dos ensinamentos adquiridos no decorrer dessa pesquisa, para que seja ampliado o conhecimento sobre o fenômeno da autocicatrização autógena em materiais cimentícios. Em seguida, encontram-se a lista de referências bibliográficas, anexos e apêndices.

2 AUTOCICATRIZAÇÃO DE MATERIAIS CIMENTÍCIOS

O conhecimento da fragilidade do concreto sob carga de tração já é bem difundido. Em função disso, as estruturas são elaboradas com barras de aço para suportar os esforços de tração após o concreto atingir o limite de ruptura. Desse ponto de vista, o concreto armado na maioria das situações é projetado permitindo o aparecimento de fissuras mínimas aceitas por normas, dependendo da classe de agressividade na qual a estrutura estará exposta (HUANG, 2014).

Na maioria das vezes o limite máximo de fissuração normativo é excedido, devido às características intrínsecas do concreto pela baixa capacidade de resistir a esforços de tração, e mesmo havendo vários métodos preventivos para evitar a fissuração no concreto e tomando os cuidados necessários, na maioria dos casos não é possível evitá-la. O único meio de não fissurar materiais cimentícios é garantir que eles tenham boa extensibilidade, ou seja, possuam baixo módulo de elasticidade, alta fluência e alta resistência à tração. Dessa forma, o concreto pode ser submetido a grandes deformações sem fissurar (MEHTA; MONTEIRO, 2014). No entanto, atingir esse grau de expansibilidade pode ser muito custoso e inviável dependendo da situação empregada.

A partir da criação do comitê técnico SHS 221 e SHE da RILEM, várias técnicas estão sendo testadas para que a partir da pesquisa possam ser desenvolvidas novas tecnologias ou que as tecnologias disponíveis sejam aprimoradas, a fim de conseguir elaborar concretos capazes de se autorreparar diante da abertura de fissuras.

A capacidade dos materiais cimentícios de se autocicatizar pode ser separada em duas classificações, sendo elas: a autocicatização autógena e a autocicatização autônoma (VAN TITTELBOOM; DE BELIE, 2013). Huang et al. (2016) dividem o fenômeno de autocicatização em quatro tipos: autocicatização autógena e autocicatização baseada em adições minerais, que seriam a autocicatização autógena descrita por Van Tittelboom e De Belie (2013), e autocicatização baseada no uso de bactérias e autocicatização baseada em agentes adesivos, que seria a autocicatização autônoma descrita por Van Tittelboom e De Belie (2013).

Diante das definições utilizadas para os tipos de autocicatizações existentes, o Grupo de autocicatização, a qual este trabalho está inserido, determinou como denominação dos tipos de autocicatização: a autocicatização autógena ou natural que se refere as condições usuais de materiais empregados em composições cimentícias ou medidas tomadas com a função de trazer outros benefícios ao compósito, mas que por fim contribuem para o fenômeno da autocicatização.

A autocicatização autônoma ou projetada se refere a matriz cimentícia desenvolvida com a finalidade de ter a propriedade autocicatizantes, seja pela adição de elementos que reagem quimicamente com a matriz ou por elementos que reagem somente após a ocorrência do dano pela liberação de um produto específico para este fim, ambos inseridos na matriz no momento da confecção. Por fim, a última espécie de autocicatização seria por reparação, a qual se trata da autocicatização em decorrência de um mecanismo externo a matriz que pode ser aplicado como tratamento superficial ou injetado nos danos causados com a finalidade de potencializar as reações de cicatrização, sendo nesse caso excluída as reparações externas com resinas que promovam a colagem do elemento e não a autocicatização. No Quadro 1, consta os tipos de autocicatizações que estão sendo consideradas, assim como as denominações adequadas para cada situação com exemplos de utilizações.

Quadro 1 - Tipos de autocicatização em materiais cimentícios com exemplos de utilizações

Autocicatização		
Autógena (Natural)	Autônoma (Projetada)	Por Recuperação
-Cimentos -Adições minerais -Fibras -Idade de ocorrência do dano -Relação água/cimento	-Adições minerais -Aditivos cristalizantes -Fibras -Bactérias -Polímeros superabsorventes -Microcápsulas -Fibras ocas com resina bi componente -Nanotubos	-Tratamento superficial com aditivo cristalizante -Insuflação sob pressão de gás tetrafluorsilicato - Aspensão de bactérias

(fonte: Grupo autocicatização LAMTAC/NORIE/UFRGS)

A autocicatização autônoma tem sido mais explorada por ser uma alternativa com boas perspectivas de aprimoramento quanto à criação de um concreto com capacidade de se autorreparar. Pesquisas nessa área dão ênfase ao uso de microcápsulas e sistemas vasculares

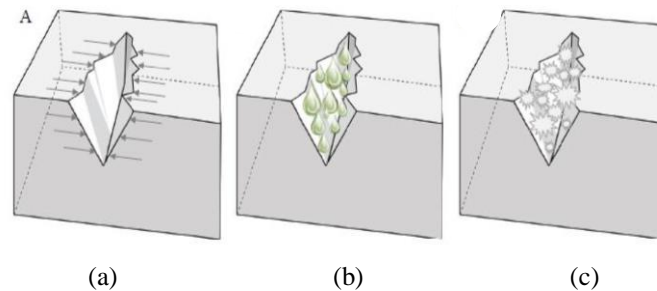
(HUANG; YE; SHUI, 2014; HILLOULIN et al., 2015; DONG et al., 2016; entre outros), ou também com a utilização de bactérias com capacidade de precipitar o carbonato de cálcio nas fissuras (WIKTOR; JONKERS, 2011; DA SILVA et al., 2015).

Embora as pesquisas relacionadas à autocicatrização autônoma estejam sendo mais abordadas, para aplicação prática atual há maior relevância para a autocicatrização autógena, pois com mudanças na matriz cimentícia pode-se intensificar a autocicatrização já pré-disponível no concreto, sendo medidas com maior facilidade de serem empregadas. Trabalhos desenvolvidos com esse objetivo tiveram adições minerais inseridas na matriz cimentícia, entre os componentes mais conhecidos estão a escória de alto-forno (HUANG; YE; DAMIDOT, 2014) e as cinzas volantes (ŞAHMARAN; LI, 2009; ZHANG; QIAN; MA, 2014). A cicatrização autógena já é conhecida há muitos anos, e devido a esse efeito se justifica a sobrevivência por tanto tempo de edificações antigas com pouca manutenção (GHOSH, 2009).

Concretos com capacidade intensificada de autocicatrização, referente à colmatação autógena, podem ser melhorados com o uso de aditivos químicos combinados com alto teor de finos, podendo ser as adições minerais, fílers ou até mesmo a substituição de cimentos puros por cimentos compostos (TAKAGI, 2013). Atualmente, têm sido empregados também produtos comerciais com essa finalidade, os quais tem aparência de pó cinza sem odor, utilizado em dosagens entre 0,8 e 1% sobre a massa do cimento, e trazem como finalidade a potencialidade de fechamento de fissuras e redução da permeabilidade do concreto. Cappellesso et al. (2016) realizaram um estudo com uma variação deste produto comercial a fim de avaliar a redução da porosidade capilar em concretos, demonstrando algumas melhorias ao se utilizar o produto, embora este tenha se mostrado menos benéfico comparado ao uso de adição de sílica ativa para a situação estudada.

A autocicatrização autógena refere-se à hidratação contínua de materiais anidros com a nucleação de carbonato de cálcio e formação de cristais (TAKAGI, 2013; HUANG, 2014; SNOECK; DE BELIE, 2015; MAES et al., 2016, entre outros). No entanto, esse fenômeno pode ser melhorado quando se restringe a abertura das fissuras (Figura 3a) e há presença de água (Figura 3b). Assim, se intensifica a possibilidade de hidratação ou cristalização contínua (Figura 3c).

Figura 3 – Abordagens da colmatação autógena (a) restrição da abertura de fissura; (b) fornecimento de água; (c) hidratação contínua e cristalização

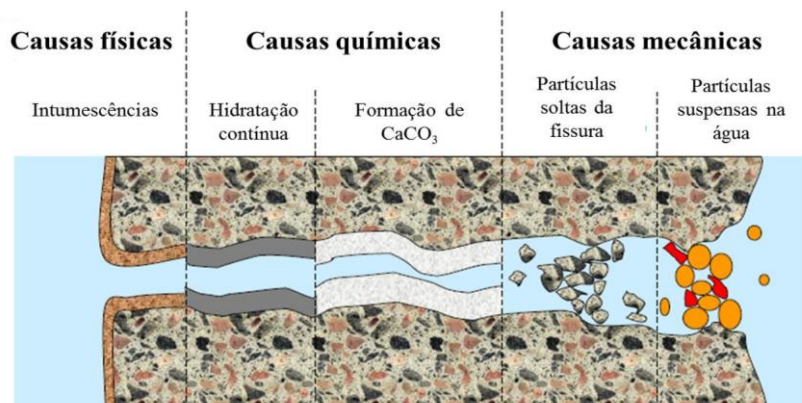


(fonte: VAN TITTELBOOM; DE BELIE, 2013)

Wu et al. (2012), em seu trabalho, relataram que o produto formado dentro das fissuras pode estar relacionado com: a formação de carbonato de cálcio devido à lixiviação do hidróxido de cálcio, hidratação tardia do cimento ou dos materiais aglomerantes, ou ainda a expansão da matriz cimentícia dentro da fissura com expansão do C-S-H existente. No entanto, sobre os principais mecanismos que causam a colmatação autógena há certa divergência em quais seriam as principais causas, mas em um ponto específico todos os pesquisadores concordam: que para quaisquer um dos mecanismos, a presença da água é fundamental para que ocorra a autocicatrização.

Na publicação do volume 11 do comitê técnico da RILEM SHC 221, De Rooij et al. (2013) esquematizam quais as causas físicas, químicas e mecânicas que estão relacionadas com o processo natural de colmatação autógena de fissuras (Figura 4). Sendo que este processo pode ser melhorado, por exemplo, com o uso de adições (AHN; KISHI, 2010).

Figura 4 – Diferentes causas que podem levar à colmatação natural de uma fissura



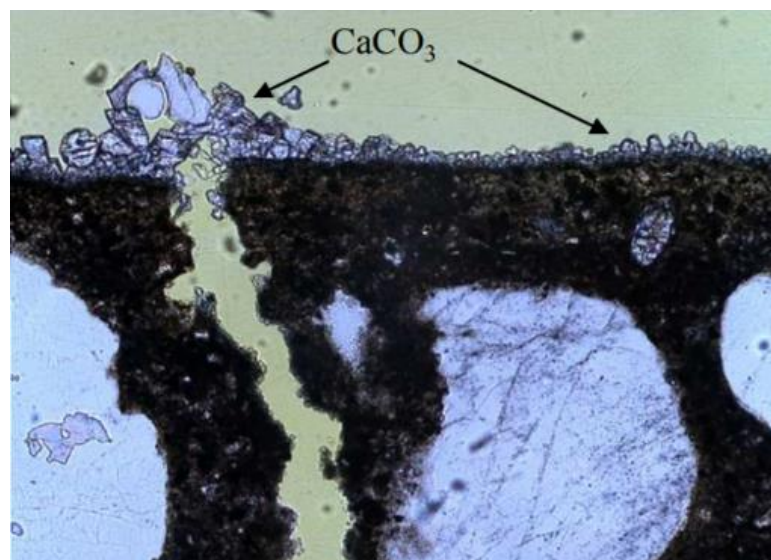
(fonte: DE ROOIJ et al., 2013)

A causa física de intumescências se deve a um possível inchamento da pasta de cimento hidratada devido à absorção de água, que pode reduzir a entrada de fluidos pelas fissuras em torno de 10%. As causas químicas podem ocorrer devido à hidratação de cimento anidro até o momento pela ausência de água, e assim, quando há a presença de água novos produtos são formados, os quais se prolongam na extensão da fissura. A hidratação tardia (ou contínua) geralmente não é capaz de reparar totalmente a fissura, mas admitindo espessuras inferiores a 0,1 mm e aliada a outras causas, pode então haver a autocicatrização (DE ROOIJ et al., 2013).

O segundo processo que pode ocorrer devido às causas químicas é a formação de CaCO_3 , o qual é a junção dos íons de cálcio (Ca^{2+}) provenientes dos poros com água do concreto com os íons de carbonato (CO_3^{2-}) presentes na água da fissura. Este processo depende da temperatura, do pH e da concentração dos reagentes, e é o que tem maior contribuição para a autocicatrização de fissuras (DE ROOIJ et al., 2013).

Yang et al. (2009) e Qian et al. (2010) também evidenciaram a existência de CaCO_3 em fissuras em suas pesquisas. Sisomphon et al. (2012) relataram que a concentração de CO_3^{2-} perto da abertura superficial da fissura é maior do que no seu interior devido às condições de dissolução do CO_2 , sendo esse o nível de supersaturação que é a condição ideal de precipitação do CaCO_3 , por isso a tendência é a precipitação no local próximo à abertura da fissura (Figura 5).

Figura 5 – Precipitação de carbonato de cálcio nas proximidades da abertura superficial da fissura



(fonte: SISOMPHON et al., 2012)

A causa química pode estar relacionada com o fenômeno de eflorescência, que no caso onde tem-se a presença de fissura a água consegue percolar por este espaço, lixiviando o hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2). O contato com o dióxido de carbono transforma-o em carbonato de cálcio (CaCO_3), que fica depositado ao longo da fissura.

A eflorescência em si não é prejudicial, mas se houver excesso de lixiviação o concreto se torna mais poroso, o que compromete a durabilidade por se tornar mais propenso a ataques químicos. Assim, o processo de carbonatação deve prevalecer sobre o processo de lixiviação, para que mais produtos fiquem anexados a matriz, pois se a lixiviação for superior ao processo de carbonatação muitos produtos podem ser escoados e perdidos por esse processo, podendo contribuir em menor grau no fechamento das fissuras.

As causas mecânicas segundo De Rooij et al. (2013), podem ocorrer pela presença de partículas de suspensão ou partículas devido às fraturas sofridas pela fissuração. No entanto, essas exercem pouca influência sobre o processo de autocicatrização do concreto, mas se estiverem ligadas à outras causas, podem contribuir para o processo.

A autocicatrização de fissuras é obtida somente pela presença de algum mecanismo intensificador (gatilhos) que desencadeia a reparação, tanto para a colmatação autógena quanto para a colmatação autônoma. Van Tittelboom e De Belie (2013) dividiram esses mecanismos intensificadores em três variações, sendo eles: ingresso de líquidos e gases, fornecimento de calor e formação de fissuras (Figura 6).

Analisando a Figura 6, pode-se notar que água é o mecanismo intensificador mais citado para se adquirir quase a maioria dos resultados para a autocicatrização de materiais cimentícios. Diante disso, se confirma que a melhor maneira de se obter bons resultados para o fenômeno de autocicatrização é analisando as amostras com a presença de água constante ou em ciclos de molhagem e secagem.

Figura 6 – Visão geral dos mecanismos que podem disparar a autocicatrização de fissuras

Mecanismo de gatilho	Resultado	
<i>Ingresso de líquidos e gases</i>	água + CO ₂	Cristalização por catalisador com precipitação de fases fibrosas de calcita
	água	Cicatrização autógena por hidratação contínua
	água + CO ₂	Cicatrização autógena por precipitação de CaCO ₃
	água	Expansão, intumescência e precipitação de aditivos
	água	Intumescência de polímeros superabsorventes e cicatrização autógena
	umidade relativa alta	Intumescência de polímeros superabsorventes e cicatrização autógena
	solução de cloretos	Degradação do revestimento de tubos porosos de PP e liberação de Ca(NO ₂) ₂ através dos poros
	água + O ₂	Ativação de esporos e precipitação bacteriana de CaCO ₃
	água	Precipitação bacteriana de CaCO ₃
	CO ₂	Degradação do revestimento envolto em partículas de argilas expandidas e liberação de Na ₂ PFO ₃
<i>Fornecimento de calor</i>	90 °C + água	Fechamento de fissuras por fitas retráteis de polietileno de tereftalato (PET) seguido pela cicatrização autógena
	100 °C	Derretimento do revestimento de cera envolto em cápsulas porosas de PP e liberação de Metil Metacrilato
	150 °C	Derretimento de partículas de copolímeros de acetato de vinil-etileno VAE
	48 °C	Derretimento do revestimento de parafina e agentes retardadores de hidratação
	93 °C	Derretimento de filmes de copolímeros de VAE ao redor de arames espiraladas e liberação de resinas epóxi
<i>Formação de fissuras</i>	+ água	Fechamento de fissuras por as fibras superelásticas de ligas metálicas com memória de forma seguido pela cicatrização autógena
	+ água	Rompimento das cápsulas e liberação de agentes cicatrizantes
	+ água	Delaminação de fibras vegetais e liberação de agentes cicatrizantes
	+ água	Atuação do bombeamento e injeção de agentes cicatrizantes para dentro de camada de concreto poroso

(fonte: TAKAGI, 2013 adaptado de VAN TITTELBOOM; DE BELIE, 2013)

Para análise de autocicatrização nos materiais cimentícios, diversas técnicas laboratoriais têm sido utilizadas. Essas técnicas podem ser separadas por técnicas de visualização, de recuperação de estanqueidade e de recuperação das propriedades mecânicas (Figura 7).

Figura 7 – Técnicas utilizadas para avaliação da eficiência da autocicatrização

Técnica de avaliação da autocicatrização		Possibilidades
Visualização e determinação	Microscópio ótico + análise de imagens	Visualização da deposição de cristais e determinação da taxa de cicatrização
	Microscópio eletrônico de varredura	Visualização da deposição de cristais
	Microscópio eletrônico de varredura ambiental	Visualização do rompimento das cápsulas parcialmente embutidas
	Análise de seção fina	Visualização da deposição de cristais no interior das fissuras
	Radiografia de raios-X	Visualização da liberação do agente encapsulado na cápsula embutida
	Tomografia de raios-X	Visualização da liberação do agente encapsulado de cápsula embutida em 3D
	Correlação de imagem digital	Visualização do fechamento da fissura mediante tratamento térmico de SMA
	Análise por difração de raios-X	Determinação dos materiais cristalinos
	Espectroscópio Raman	Determinação da composição química
	Análise no infravermelho	Determinação de produtos precipitados
Recuperação da estanqueidade	Permeabilidade à água baixa pressão	Vazão da água através da fissura (cicatrizada)
	Permeabilidade à água alta pressão	Vazão da água através da fissura (cicatrizada)
	Permeabilidade do ar	Vazão do ar através da fissura (cicatrizada)
	Absorção de água por capilaridade	Absorção de água por capilaridade da fissura (cicatrizada)
	Radiografia por nêutrons	Visualizar a absorção de água por capilaridade
	Teste de corrosão	Resistência contra corrosão
	Delaminação por sais de degelo	Resistência contra delaminação por sais de degelo
	Difusão de cloreto	Resistência contra o ingresso de cloretos
	Pressão Osmótica	Resistência contra o ingresso de íons
	Medições de transmissão de ultrassom	Continuidade do material
Recuperação de propriedades mecânicas	Ensaio de compressão	Recuperação em resistência, rigidez e/ou energia obtida quando recarregar o corpo de prova cicatrizado
	Ensaio de tração na flexão	
	Ensaio de flexão em três pontos	
	Ensaio de flexão em quatro pontos	
	Deformação horizontal coluna/quadro	Formação de novas fissuras contra a reabertura de fissuras antigas
	Laje de carga de impacto	
	Análise de emissão acústica	Recuperação da energia / observar o rompimento da cápsula
	Análise da frequência de ressonância	Recuperação da consistência

(fonte: TAKAGI, 2013 adaptado de VAN TITTELBOOM e DE BELIE, 2013)

Algumas dessas técnicas de avaliação serão utilizadas na metodologia desse trabalho como forma de avaliar a potencialidade de autocicatrização autógena nos concretos ensaiados com diferentes tipos de cimento, sendo essas descritas de forma detalhada no capítulo três, referente ao programa experimental.

Dentre as técnicas apresentadas na Figura 7, para a visualização e determinação do potencial de autocicatrização de concretos a análise por microscopia ótica por meio de análise de imagens oferece a oportunidade de comprovar os resultados não somente de maneira qualitativa, mas também de maneira quantitativa. Visto que, imagens coletadas ao longo do tempo de danos causados a matriz, como fissuras, podem ser acompanhadas e registradas gerando dados precisos.

Para análise da estanqueidade, entre os ensaios apresentados com diferentes possibilidades de análise de resultados, o ensaio escolhido neste trabalho foi medição de transmissão de onda ultrassônica. Visto que permite averiguar a continuidade e a homogeneidade da matriz, diante disso as fissuras podem ser acompanhadas ao longo do tempo nas quais se analisa a possibilidade de reestruturação por fenômenos de autocicatrização na área danificada.

Já em relação a recuperação das propriedades mecânicas, também são apresentadas várias técnicas de análise na Figura 7, no entanto, neste trabalho optou-se apenas pela técnica do ensaio de flexão em quatro pontos, o qual tem a geração de fissura com maior semelhança as fissuras que ocorrem usualmente na prática e também exclui fatores como compactação da matriz, que ocorre em fissuras ocasionadas por carregamento por compressão (BERNARDINO, 2016; VENQUIARUTO, 2017; HIRATA, 2018).

Diante do exposto, entende-se que na ocorrência de um dano inicia-se a possibilidade de recuperação da estrutura, ou seja, a autocicatrização. Para que ocorra a autocicatrização é necessário algo que impulse ou inicie este fenômeno, como um estímulo, que deve englobar a localização do dano e a escala, assim como a matriz cimentícia desenvolvida de maneira inteligente para a ocorrência do fenômeno. No item seguinte serão descritos alguns desses estímulos como fatores intervenientes na autocicatrização em materiais cimentícios.

2.1 FATORES INTERVENIENTES NA AUTOCICATRIZAÇÃO EM MATERIAIS CIMENTÍCIOS

A autocicatrização de fissuras em materiais cimentícios é influenciada pela composição e características do concreto, da água e também das fissuras (DE ROOIJ et al., 2013). O Quadro 2 apresenta estes fatores intervenientes esquematicamente.

Quadro 2 – Fatores que influenciam na autocicatrização

Concreto	Água	Fissura
Tipo de cimento	Pressão	Espessura
Tipo de adições	Gradiente de pressão	Profundidade
Tipo de agregados	Dureza	Geometria
Idade	pH	Fissura ramificada
	Temperatura	Aglomerado de fissuras

(fonte: adaptado de DE ROOIJ et al., 2013)

Alguns desses fatores serão detalhados nos itens a seguir para que se possa compreender melhor os que serão analisados neste trabalho, tais como: tipo de cimento (apresentado como aglomerantes já que pode ser incluído tipo de adições), relação água/aglomerante, idade de abertura e espessura de fissuras e ambiente de exposição.

2.1.1 Aglomerantes

A importância dos aglomerantes, tais como os tipos de cimento e o uso de adições minerais, já está bastante difundida na literatura diante de variadas propriedades (VIEIRA, 2008; SENISSE, 2010; ÇAKIR; SOFYANH, 2015; entre outros). No entanto, quando se trata da propriedade de autocicatrização, há ainda bastante carência de pesquisa que englobe a diferenciação por tipos de cimentos, principalmente na literatura nacional. Hirata (2018) apresentou uma vasta pesquisa bibliográfica sobre este aspecto e relatou também esta lacuna de conhecimento.

Os aglomerantes exercem a principal influência na autocicatrização de fissuras quando relacionados à cicatrização autógena. Embora a relação água/aglomerante seja importante, a escolha do cimento, assim como do sistema aglomerante, pode também ser muito significativa (GJØRV, 2015). Além disso, a disponibilidade de grãos anidros pode estar relacionada ao

consumo de cimento, visto que quanto maior a quantidade de aglomerante na mistura, maior será a probabilidade de ocorrência da autocicatrização autógena. Isto se deve à maior disponibilidade de produtos formados a partir da hidratação dos compostos.

Para melhor entendimento dos produtos formados na autocicatrização de fissuras devido aos tipos de cimentos utilizados é necessário lembrar quais os compostos químicos que formam a química do cimento. Para produção do cimento Portland, se utilizam algumas matérias primas, como: calcário, sílica, alumina e óxido de ferro, e a partir da fusão desses materiais em fornos rotativos esses compostos resultam em produtos mais complexos quando se alcança um equilíbrio e obtém-se o clínquer, produto base para a produção de cimento Portland.

Os compostos do clínquer são os principais constituintes do cimento e tem influência significativa nos processos de hidratação das matrizes cimentícias. Esses compostos são apresentados por abreviações, nas quais cada óxido é representado por uma letra, sendo: $\text{CaO}=\text{C}$, $\text{SiO}_2=\text{S}$, $\text{Al}_2\text{O}_3=\text{A}$ e $\text{Fe}_2\text{O}_3=\text{F}$. No Quadro 3 estão apresentados esses constituintes do cimento Portland, como são denominados, suas composições e abreviaturas.

Quadro 3 – Principais compostos do cimento Portland

Nome do composto	Composição em óxidos	Abreviatura
Silicato tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_3S
Silicato dicálcico	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_2S
Aluminato tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C_3A
Ferroaluminato tetracálcico	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF

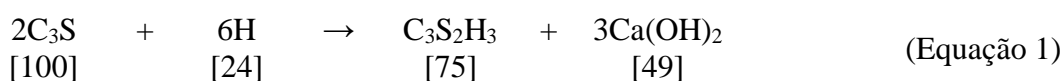
(fonte: NEVILLE, 2013)

Os silicatos C_3S e C_2S são os constituintes com maior importância para a aquisição de resistência na matriz cimentícia hidratada. O C_3A é o que apresenta maior reatividade, e contribui para a combinação do óxido de cálcio com a sílica. Deve ser inibido pela adição de sulfato de cálcio ao clínquer para não ocorrer pega instantânea (SCRIVENER; SNELLINGS; LOTHENCACH, 2016). E o C_4AF , pode acelerar a hidratação dos silicatos. A maior relevância destes compostos está em transformarem-se em fases hidratadas com a presença de água e com isso resultar no endurecimento da matriz cimentícia. A água (H_2O) é abreviada pela letra H, semelhante à abreviatura dos óxidos.

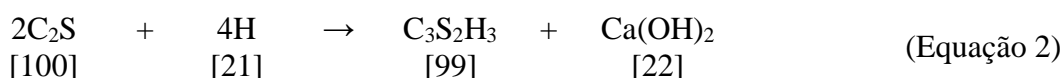
A hidratação do C_3S ocorre de forma mais acelerada do que o C_2S . O produto de hidratação dos silicatos é o composto hidratado microcristalino $\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$, denominado como C-S-H

(silicato de cálcio hidratado), que forma o hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2) na forma cristalina. O C_2S reage de forma similar, mas liberando menor quantidade de (Ca(OH)_2) para a mistura. Nas Equações 1 e 2, pode-se ver entre colchetes as quantidades das massas correspondentes a cada formulação química. Percebe-se que ambos os silicatos necessitam de quantidade semelhante de água para a hidratação, no entanto, o C_3S produz mais que o dobro de (Ca(OH)_2) do que o C_2S (NEVILLE, 2013). Os autores Mehta e Monteiro (2014) descrevem as mesmas equações, apresentando informação semelhante, destacando que a hidratação do C_3S produz 61% de $\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$ e 39% de Ca(OH)_2 , enquanto o C_2S produz 82% de $\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$ e 18% de Ca(OH)_2 .

C_3S



C_2S



Salienta-se que a produção de (Ca(OH)_2) é de extrema relevância para a cicatrização autógena, visto que um dos principais produtos de selamento das fissuras é o carbonato de cálcio (CaCO_3), produto resultante da carbonatação do (Ca(OH)_2) (YANG et al., 2009; QIAN et al., 2010; SISOMPHON et al., 2012; DE ROOIJ et al., 2013; HUANG et al., 2016, entre outros). Dessa forma, os cimentos com maior quantidade de C_3S na composição do clínquer terão maior probabilidade de autocicatrização pelo processo de carbonatação do (Ca(OH)_2), tendo as condições adequadas para a carbonatação. No entanto, serão concretos menos duráveis, pois a produção maior de $\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$ é melhor para o aumento de resistência e durabilidade. Assim, cimentos com maior quantidade de C_2S , podem gerar concretos com maior durabilidade devido à menor produção de Ca(OH)_2 (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

Ambos os compostos gerados, tanto o C-S-H como o Ca(OH)_2 , serão base para os produtos formados na autocicatrização das fissuras por cicatrização autógena. Podendo ser pela formação de C-S-H tardia devido à hidratação pela sobra de grãos anidros na matriz ou pela hidratação continuada dos silicatos presentes, dependendo da idade de abertura de fissuras. Ou ainda, pela carbonatação do Ca(OH)_2 , gerado nas reações de hidratação dos silicatos, caso

estes não tenham sido consumidos anteriormente pela reação com adições minerais presentes, no caso de cimentos compostos (SIDDIQUE; KHAN, 2011) ou pela carbonatação gerada pela lixiviação deste constituinte pela área fissurada (YANG et al., 2009; QIAN et al., 2010; SISOMPHON et al., 2012; DE ROOIJ et al., 2013; HUANG et al., 2016, entre outros).

O tipo de cimento utilizado influencia na permeabilidade do concreto. No caso de cimentos Portland compostos tanto com materiais pozolânicos como de substituição de escória de alto-forno, a quantidade de C-S-H gerada é consideravelmente maior, quando comparados com cimentos puros. Dessa forma, há menos formação de Ca(OH)_2 nesses tipos de cimentos. Pelos benefícios que as adições trazem, nos últimos anos, tem havido uma tendência a usar cimentos Portland compostos ou pozolânicos, ao invés de cimentos puros (GJØRV, 2015). A maior quantidade de C-S-H gerada em cimentos compostos auxilia no aumento da durabilidade da matriz. No entanto, é difícil encontrar a composição adequada que atenda à durabilidade sobre várias condições (NEVILLE, 2013).

O efeito benéfico que as adições, como sílica ativa, cinzas volantes e cinzas de casca de arroz, proporcionam na resistência do concreto em relação à penetração de agentes agressivos, foi evidenciado por mais de cem anos (GJØRV, 1983; BERRY, MALHOTRA, 1986; MEHTA, 1998; SIDDIQUE; KHAN, 2011; AYUB et al., 2013; SIL; ROY, 2015; NEVILLE, 2016; ZAYED et al., 2016, entre outros). As pozolanas melhoram o desempenho mecânico e reduzem a porosidade das pastas, na mesma relação água/cimento (HELENE; ANDRADE, 2010). Isso justifica o emprego desses materiais na mistura do concreto ou do uso de cimentos compostos com frações de pozolanas em substituição ao clínquer.

As pozolanas geralmente podem ser consideradas como materiais com propriedades cimentícias, sendo que elas reagem com o hidróxido de cálcio liberado pela hidratação dos silicatos, já discutido anteriormente, e produzem C-S-H com menor densidade, contribuindo com o fechamento dos poros ou danos, tais como a fissuração. Portanto, os cimentos compostos com adições pozolânicas podem ocasionar a autocicatrização devido às reações pozolânicas tardias decorrentes da hidratação incompleta dos materiais constituintes do cimento.

Olivier et al. (2015) desenvolveram uma pesquisa comparando cimentos canadenses e franceses frente à autocicatrização, sendo um cimento mais puro variando teores de escória de alto forno. Nesta pesquisa, o fenômeno de autocicatrização foi potencializado com o uso da

adição mineral ao cimento, no entanto, cimentos pré fabricados com essa adição mineral não se mostraram satisfatórios. Diante disso, fica o questionamento da procedência e variação das composições dos cimentos industrializados.

Além das adições minerais quimicamente ativas em cimentos compostos, pode haver cimentos compostos por fíler, segundo a NBR 16697 (ABNT, 2018), com porcentagem em massa de material carbonático entre 11 e 25%. O fíler exerce apenas influência física nas propriedades da matriz cimentícia, podendo contribuir com a melhora de trabalhabilidade, massa específica, redução da permeabilidade, exsudação capilar e tendência à fissuração, dependendo do teor empregado. O fíler, geralmente, é um material inerte com finura semelhante as partículas de cimento, que podem acelerar a hidratação do cimento Portland, atuando como pontos de nucleação (SIDDIQUE; KHAN, 2011). Qian et al. (2009) demonstraram que compósitos cimentícios desenvolvidos com escória de alto forno ou pó de calcário, como é o caso do cimento CII-F, mostraram maior potencial de autocicatrização do que aqueles que utilizavam cinza volante na composição.

Outro fator de influência na cinética das reações de hidratação é a finura do cimento. Esta pode variar conforme o tipo de cimento. Cimentos mais finos promovem o aumento da resistência do concreto de forma mais rápida, devido à maior área superficial das partículas do clínquer, aumentando assim a taxa de hidratação (DESHPANDE et al., 2007). No entanto, devido ao aumento de resistência com maior intensidade podem ocorrer manifestações patológicas de origem térmica, como fissuração, por exemplo. Huang et al. (2016) descrevem a falta de estudos relacionados ao tamanho das partículas dos cimentos como forma de auxiliar no processo de autocicatrização, visto que cimentos com partículas maiores acabam retendo maior quantidade de partículas anidras dentro da matriz, podendo contribuir com maior potencial no processo de autocicatrização de fissuras em materiais cimentícios.

A influência do tipo de cimento é percebida pela velocidade de hidratação que ocorre diferentemente para cada tipo. O cimento Portland de alta resistência inicial (CPV), por ser um cimento mais fino e puro, tem as hidratações da matriz potencializada nas primeiras idades, até os 7 dias. Já o cimento Portland com adição pozolânica (CPIV), por exemplo, irá desenvolver as reações posteriormente, diminuindo essa diferença aos 28 dias (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

2.1.2 Relação água/aglomerante

Outro fator de grande importância relacionado à autocicatrização de matrizes cimentícias é a relação água/aglomerante. Para relações baixas podem sobrar aglomerantes anidros nos materiais cimentícios que servirão como produtos de autorreparação quando tiverem contato com água. Paralelamente, para relações água/aglomerante altas haverá dificuldade no autorreparo em relação à hidratação tardia, pois a quantidade de material anidro será pouca ou quase nenhuma, devido à maior quantidade de água na mistura, mas poderá ser mais influente em decorrência da potencialidade maior de lixiviação dos produtos internos da matriz, exceto se quantidade ou tamanho dos poros não exceda esta vantagem.

Segundo Neville (2013), existe uma relação água/cimento mínima necessária para a hidratação completa da matriz cimentícia quando o concreto for curado com água, sendo aproximadamente igual a 0,36. Valores inferiores a este, segundo o autor, resultam em espaço insuficiente para acomodação dos produtos de hidratação. Já quando a cura for em sistema fechado, sem acesso de água externa à mistura, deve se ter uma relação água/cimento maior que 0,36 para que ocorra a hidratação completa da matriz. Alguns autores relatam como sendo 0,42 a relação água/cimento para completa hidratação em situações sem acesso de água externa (JENSEN; HANSEN, 2001).

Segundo Shim et al. (2015), para concretos com relação água/cimento de 0,40, em torno de 30% do cimento permanece anidro dentro da matriz. De maneira similar, Gruyaert et al. (2010) apresentaram que o grau de hidratação é de apenas 74%, após 28 meses, para concretos com relação água/cimento 0,50, com cimento Portland comum. Com adições de escória de alto forno a reação também não ocorre totalmente.

Para relações água/cimento maiores, há maior probabilidade de lixiviação de Ca(OH)_2 por resultarem em concretos mais porosos (NEVILLE, 2013). O Ca(OH)_2 é denominado como Portlandita, e possui alta solubilidade, na ordem de 22mmol/L a 25°C ou 1,6g/L, o qual corresponde ao pH de 12,6. Devido a isso, o pH da matriz cimentícia se mantém elevado (NONAT, 2014). No entanto, isso é alterado com a lixiviação deste produto, dependendo das condições de cura na qual está exposta a estrutura de concreto, contribuindo para o enfraquecimento da zona de transição entre pasta e agregados no concreto.

Menores relações água/cimento aumentam a resistência dos concretos, tornando a abertura das fissuras de forma frágil, ou seja, sem passar por deformações plásticas significantes

(MEHTA; MONTEIRO, 2014). No entanto, existe maior possibilidade da presença de grãos de clínquer não hidratados devido ao grau de hidratação da matriz cimentícia, que está bastante associado à quantidade de água disponível, e portanto à relação água/cimento. Como resultado, tem-se concretos menos fissurados e menos porosos, que poderão, portanto, ser mais facilmente autocicatrizados por produtos de hidratação residual (NA et al., 2012). Estes grãos anidros podem ser encontrados muito tempo depois na microestrutura de pastas de cimento hidratadas, por meio do surgimento de danos como fissuras, por exemplo.

2.1.3 Idade de abertura de fissuras

A idade da abertura de fissuras influencia na colmatação autógena, visto que em pequenas idades os materiais cimentícios têm grande poder de autocicatrização pela quantidade de cimento não hidratado na matriz (YANG; YANG; LI, 2011). Já para idades maiores haverá maior hidratação na matriz cimentícia, resultando, assim, em menos material propício a colaborar com a autocicatrização das fissuras. Concretos com idades mais avançadas possuem também menor quantidade de vazios capilares devido ao avanço nas reações de hidratação (MEHTA; MONTEIRO, 2014). No entanto, é importante salientar que o excedente de aglomerante anidro disponível não se deve apenas à idade de abertura das fissuras, mas também à quantidade de água para a hidratação, portanto, a relação água/cimento também tem grande influência na quantidade de anidros remanescentes dentro da matriz cimentícia.

Zamorowski (1985) demonstrou o fenômeno de autocicatrização em concretos fissurados nas primeiras idades e mantidos imersos em água, afirmando que a recuperação é maior quanto mais cedo o dano ocorre. Zhong e Yao (2008) obtiveram resultados similares, visto que para o mesmo grau de dano, as amostras fissuradas em menores idade têm as propriedades mecânicas e ultrassônicas melhoradas pelo processo de recuperação. Porém, o dano causado aos 60 dias teve recuperação praticamente nula. Schlangen e Joseph (2009) fissuraram concretos com 20; 27,5; 48 e 72 horas após a moldagem e observaram redução da recuperação da resistências para maiores idades e tempo de hidratação.

2.1.4 Espessura de fissuras

Em estruturas de concreto armado, as fissuras não indicam um problema de segurança se não excederem o limite de espessura prescrito nas normas. As fissuras que excedem os valores limites podem reduzir a capacidade do concreto de proteger o aço contra a corrosão. A

corrosão das armaduras é uma das principais razões para a degradação do concreto. Além dessas, pode ocorrer a microfissuração dentro da matriz, devido à restrição das deformações e retrações da pasta de cimento. A fissuração é uma característica quase inevitável do concreto. Se estas formam uma rede contínua de fissuras elas podem contribuir substancialmente para a permeabilidade do concreto, reduzindo assim a resistência contra a entrada de agentes agressivos (SCHLANGEN; JOSEPH, 2009).

Algumas fissuras são tão pequenas que muitas vezes nem são percebidas. A abertura mínima visualizada a olho nu é de aproximadamente 0,13 mm (NEVILLE, 2016). Fissuras com essas dimensões só se mostrarão aparentes ao longo do tempo quando permitirem a entrada de sujidade do meio.

Bertolini (2010) cita que várias normativas consideram as fissuras inferiores a 0,1 a 0,3mm irrelevantes. O ACI 318 (AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, 2008) relata que fissuras inferiores a 0,3 mm em áreas externas e 0,4 mm em áreas internas não apresentam risco às estruturas de concreto armado, havendo o cobrimento correto para a situação empregada. Já a NBR 6118 (ABNT, 2014) relata que fissuras entre 0,2 a 0,4mm não têm importância significativa.

Fissuras estreitas, entre 0,12 e 0,20mm, tendem a apresentar infiltrações logo após a ocorrência das mesmas. Entretanto, o hidróxido de cálcio dissolvido é transportado por percolação e pode reagir com o dióxido de carbono da atmosfera e assim precipitar como carbonato de cálcio, colmatando a fissura. Portanto, fissuras muito pequenas são comuns, mas não prejudiciais, pois o próprio concreto tem essa propriedade de colmatação (NEVILLE, 2016).

A NBR 6118 (ABNT, 2014) cita que “o risco e a evolução da corrosão do aço na região das fissuras de flexão transversais à armadura principal dependem essencialmente da qualidade e da espessura do concreto de cobrimento da armadura. [...]”. Porém, quando a fissura se estende em dimensão até a armadura, a espessura de cobrimento não auxiliará na redução na taxa de deterioração. Segundo Ribeiro e Cunha (2014) e Gjörv (2015), a qualidade do concreto influenciará, pois como já dito, por meio de processos de colmatação pode-se estancar a estrutura novamente, além do concreto com alta qualidade dificultar a formação da pilha eletroquímica ocasionada por processos de corrosão por agentes agressivos, como o cloreto, devido à homogeneidade do concreto endurecido.

Para que durante o projeto sejam tomadas as medidas necessárias diante do conhecimento sobre a fissuração no concreto, a NBR 6118 (ABNT, 2014) apresenta uma tabela com as exigências mínimas de fissuração, dependendo da classe de agressividade do ambiente e o tipo de concreto (Figura 8).

Figura 8 – Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental

Tipo de concreto estrutural	Classe de agressividade ambiental (CAA) e tipo de protensão	Exigências relativas à fissuração	Combinação de ações em serviço a utilizar
Concreto simples	CAA I a CAA IV	Não há	--
Concreto armado	CAA I	ELS-W $w_k \leq 0,4$ mm	Combinação freqüente
	CAA II e CAA III	ELS-W $w_k \leq 0,3$ mm	
	CAA IV	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	
Concreto protendido nível 1 (protensão parcial)	Pré-tração com CAA I ou Pós-tração com CAA I e II	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	Combinação freqüente
Concreto protendido nível 2 (protensão limitada)	Pré-tração com CAA II ou Pós-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação freqüente
		ELS-D ¹⁾	Combinação quase permanente
Concreto protendido nível 3 (protensão completa)	Pré-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação rara
		ELS-D ¹⁾	Combinação freqüente
¹⁾ A critério do projetista, o ELS-D pode ser substituído pelo ELS-DP com $a_p = 25$ mm (figura 3.1). NOTAS 1 As definições de ELS-W, ELS-F e ELS-D encontram-se em 3.2. 2 Para as classes de agressividade ambiental CAA-III e IV exige-se que as cordoalhas não aderentes tenham proteção especial na região de suas ancoragens.			

(fonte: NBR 6118, ABNT, 2014)

Fissuras com espessuras maiores ocorrem em concretos com maiores resistências, pois a ruptura ocorre de forma frágil e brusca, no qual o concreto absorve muita energia e a dissipa rapidamente, sem haver grandes deformações plásticas devido à rigidez do material. Controlar a abertura de fissura é necessário para que a autocicatrização seja eficaz. O uso de fibras neste ponto é eficiente porque limita a abertura (YANG et al., 2009).

Algumas pesquisas a respeito de como a espessura da abertura de fissuras influencia na autocicatrização de materiais cimentícios já foram realizadas (AKHAVAN; SHAFATI; RAJABIPOUR, 2012). Evidenciou-se que a cicatrização autógena, em decorrência do processo de hidratação tardia devida à presença de grãos anidros na matriz, não é capaz de reparar totalmente as fissuras, mas se elas tiverem espessuras inferiores a 0,1mm, sendo aliadas a outras causas, a autocicatrização pode então ocorrer.(REINHARDT; JOOSS, 2003;

YANG; YANG; LI, 2011; ROOIJ et al., 2013; MAES et al., 2016). Alguns autores relatam que fissuras maiores que 0,15mm não têm poder de autocicatrização (YANG et al., 2009; SNOECK et al., 2014).

Maes et al. (2016) avaliaram espessuras de fissuras entre 0,1 e 0,3mm quanto à potencialidade de autocicatrização autógena em argamassas com a utilização de escória de alto forno, frente à penetração de cloretos. Neste trabalho também se comprovou o fechamento de fissuras de até 0,1mm curadas em ambientes marinhos. Ficou evidente que o processo de autocicatrização depende das espessuras iniciais das fissuras. Em ambientes agressivos com cloretos, como em áreas marítimas, Van den Heede et al. (2014) sugerem que para não haver entrada de agentes agressivos, as fissuras devem ter dimensões inferiores a 0,05mm.

Palin et al. (2015) apresentam que fissuras de até 0,408mm, curadas submersas, com cimento composto por escória de alto forno alcançam total autocicatrização, ao passo que para cimentos puros as fissuras são fechadas somente para espessuras de até 0,168mm.

2.1.5 Ambiente de exposição

Quando se comparam as condições de cura, segundo os trabalhos de Qian et al. (2010) e Sisomphon (2013), entre a cura submersa, ao ar com e sem a presença de CO₂ e ciclos de molhagem e secagem, a condição de ciclos apresenta maior recuperação dos concretos fissurados, comparado às demais.

Maes et al. (2016) realizaram em seu trabalho testes em argamassas de cimento Portland submersos e com ciclos de molhagem e secagem, ambos com a utilização de água destilada. Os ciclos compreendiam um período de 12 horas de imersão com 12 horas de secagem por um processo de automatizado. Neste trabalho, não foi obtido diferença significativa no processo de autocicatrização em cura submersa. No entanto, para a cura em ciclos de molhagem e secagem, se obteve selamento das fissuras menores que 0,15 mm logo após sete ciclos.

Huang (2014) mostrou em sua tese que as pastas de cimento Portland curadas em água, com ou sem solução de hidróxido de cálcio, tem o hidróxido de cálcio carbonatado como principal produto de fechamento das fissuras, correspondendo a aproximadamente 80% da quantidade de produtos formados. Portanto, segundo o autor, os produtos formados nas fissuras, mesmo

em condições de imersão, não se devem somente à hidratação contínua dos grãos anidros presentes na matriz, mas também à recristalização e carbonatação da Portlandita como produto de reação. Maes et al. (2016) também evidenciou estes processos de autocicatrização nos ciclos de molhagem e secagem, sendo a formação do carbonato de cálcio o principal mecanismo.

Hannat e Keer (1983) avaliaram argamassas reforçadas com fibras sob condições naturais de intemperismos e armazenamento de amostras irmãs em ambiente interno, demonstrando que a autocicatrização não teve o mesmo efeito para os dois ambientes de exposição, sendo o ambiente externo capaz de gerar a autocicatrização. Estes resultados corroboram aos estudo realizado por Cappellesso (2016), na qual os corpos de prova foram mantidos em câmara climatizada sem acesso à água, o que conseqüentemente reduziu os efeitos de autocicatrização nos concretos avaliados.

Yang et al. (2009) analisaram a autocicatrização em compósitos cimentícios reforçados com fibras, nos quais as amostras ficavam 24 horas submersas em água a 20°C e 24 horas em processo de secagem. O período de secagem foi avaliado em duas temperaturas, a primeira a 21±1°C, simulando dias chuvosos e dias sem nuvens, e a segunda em estufa a 55°C, simulando dias chuvosos e dias com sol a altas temperaturas. Neste trabalho notou-se redução no fenômeno de autocicatrização nos ciclos que tiveram a temperatura elevada.

Ter Heide e Schlangen (2007) avaliaram a cura em ambientes com variação de umidade relativa entre 60 e 95%, além da condição submersa, e concluíram que somente na condição saturada os concretos mostraram recuperação da capacidade resistente. Nem as amostras em condições de 95% de umidade relativa mostraram cicatrização significativa. Yang et al. (2009) descrevem que mesmo que a umidade relativa seja alta, o fato de haver ambiente úmido não auxilia na autocicatrização autógena, a necessidade de água é essencial.

Situações mais usuais de contato de estruturas de concreto com água são referentes às águas puras que podem ser provenientes de condensação da neblina ou vapor de água, ou às águas moles, que seriam as águas de chuva. Ambas possuem baixo teor de íons de cálcio e, em situações práticas, provocam a lixiviação dos produtos cimentícios à base de cálcio. Somente quando se trata de águas duras, que seriam as provenientes de águas subterrâneas, lagos e rios, e que contém alguma quantidade de cloretos, sulfatos, e bicarbonatos de cálcio e magnésio,

essas podem não influenciar na hidrólise ou dissolução desses produtos (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

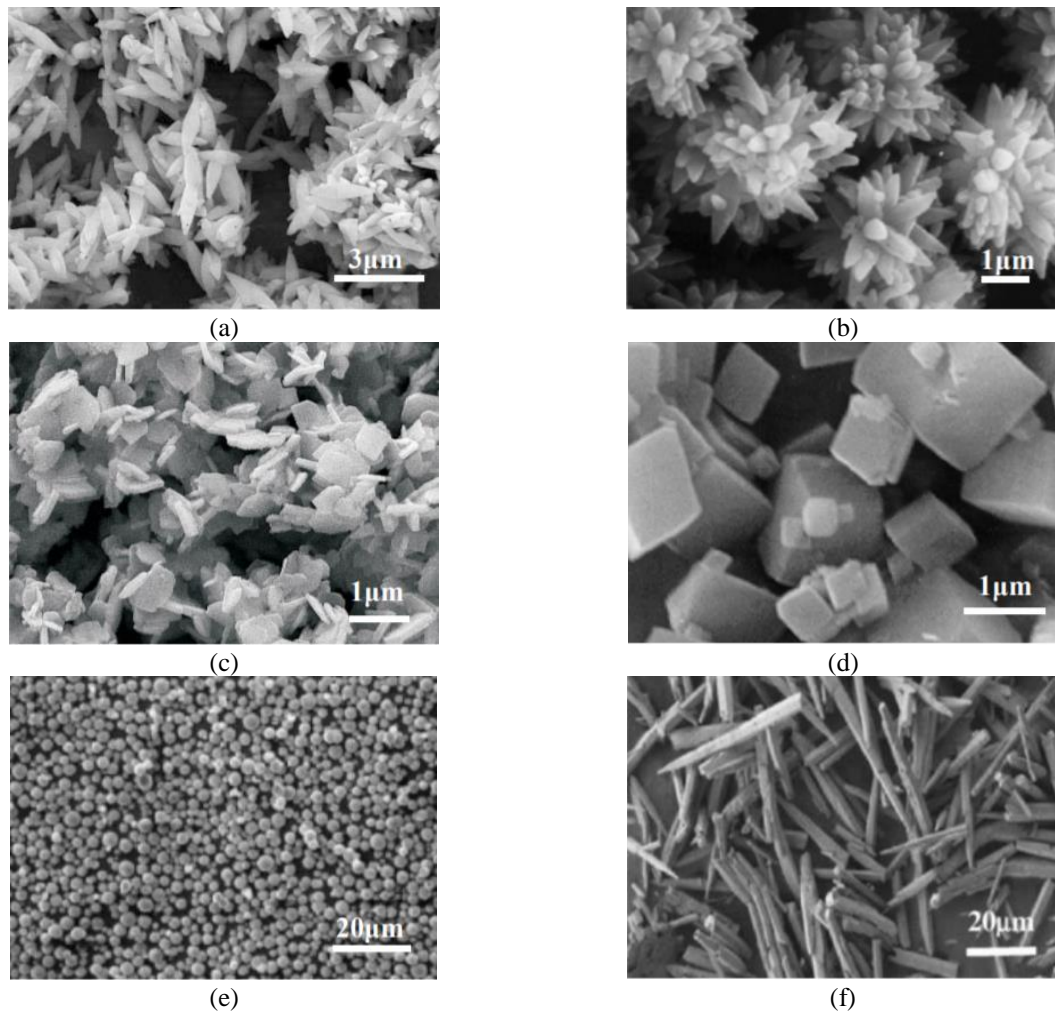
Além disso, a lixiviação nos concretos devido ao período de imersão com águas sem conter íons de cálcio gera um dos principais produtos que exercem a selagem das fissuras, considerado como produto de autocicatrização autógena. Ou seja, o hidróxido de cálcio lixiviado, ao entrar em contato com o CO_2 no período de secagem, carbonata, podendo ser a causa da autocicatrização.

O benefício causado pela autocicatrização autógena é evidenciado somente com o gatilho fundamental para a ocorrência desse fenômeno, a água. Dessa forma, estruturas submersas são privilegiadas, mas podem-se fazer molhagens periódicas também para intensificar o fenômeno. No entanto, na prática isso pode ser demasiadamente custoso e inviável (GHOSH, 2009).

Além da água, a temperatura também pode influenciar no fenômeno de autocicatrização, principalmente em relação ao formato dos grãos apresentados como possíveis precipitados de carbonato de cálcio, a variação morfológica exibida pelos cristais, depende das condições atmosféricas da situação (ZAPPA, 2014). Segundo Han et al. (2005), o carbonato de cálcio tem como fase mais estável a calcita na temperatura ambiente, sendo que outras fases como vaterita e aragonita podem se transformar em calcita dependendo das condições na qual forem expostas.

No trabalho de Chen e Xiang (2009), por exemplo, a morfologia do carbonato de cálcio foi influenciada pelo aumento da temperatura, sendo que em maiores temperaturas os cristais se apresentam em forma de agulha, formato da aragonita, quando analisados em solução. A vaterita pertence ao grupo de cristais com formato mais hexagonal, e a calcita pertence aos sistema hexagonal-cúbico, podendo ocorrer em mais de 300 formas (CHAKRABORTY et al., 1994). A Figura 9 mostra alguns exemplos da variedade de cristais que podem ser produzidos.

Figura 9 – Imagem de microscopia eletrônica de varredura de diferentes morfologias de CaCO_3 (a) calcita; (b) calcita; (c) calcita; (d) calcita; (e) vaterita; (f) aragonita



(fonte: (a) NOVER², 2014 apud ZAPPA, 2014; (b) ALBACAR³, 2012 apud ZAPPA, 2014; (c) NOVER², 2014 apud ZAPPA, 2014; (d) JUNG et al., 2000; (e) CHEN; XIANG, 2009; (f) CHEN; XIANG, 2009)

² C. Nover, Private email communication (Schaefer Kalk), Helsinki, February 10 2014.

³ Specialty Minerals Inc., “Albacar® Precipitated Calcium Carbonate (PCC) Family,” 2012. [Online]. Available: <http://www.specialtyminerals.com/paper/products-and-applications-forpaper/paper-applications/albacar-pcc-family/>. [Accessed 28 Jan 2014].

3 PROGRAMA EXPERIMENTAL

Para analisar os efeitos da utilização de diferentes tipos de cimentos na autocicatrização de fissuras em concretos, algumas hipóteses devido a comportamentos referentes à colmatação autógena já são esperados, no entanto, a verificação desses contribui para o entendimento da autocicatrização. E ainda se propõem o desenvolvimento e/ou aprimoramento de técnicas para avaliação do fenômeno. Dessa forma, foi elaborado um programa experimental a fim de atender aos objetivos propostos.

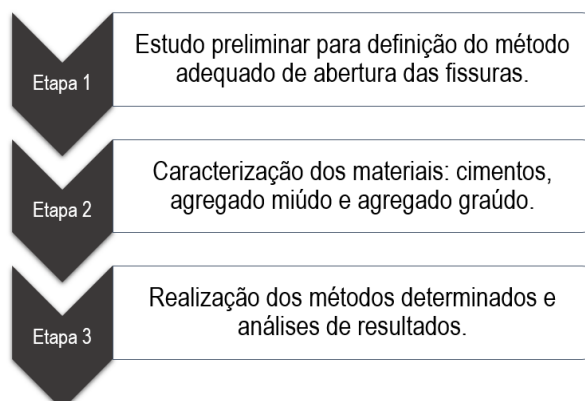
Optou-se pela moldagem de corpos de prova de concreto (ZAMOROWSKI, 1985; ZHONG; YAO, 2008; ROIG-FLORES, 2015), ao invés de argamassa (HANNAT; KEER, 1982; SNOECK et al., 2016; MAES et al., 2016) ou pastas (HUANG et al., 2014), com a finalidade de verificar o desempenho considerando a situação de maior utilização, a qual se trata da matriz cimentícia com a presença de agregados miúdos e graúdos. Neste capítulo apresenta-se a metodologia do trabalho, os materiais utilizados e a descrição dos métodos propostos para as análises do fenômeno de autocicatrização.

3.1 METODOLOGIA

A metodologia foi elaborada para atender aos objetivos desse trabalho, assim, desenvolveu-se uma matriz experimental que valorizasse separadamente cada fator. Esses estão apresentados e justificados no item seguinte que descreve as variáveis selecionadas nesse trabalho.

A pesquisa se dividiu em três etapas (Figura 10). Na etapa 1 foi realizado um estudo preliminar para definir qual o método mais adequado para executar a abertura das fissuras. Na etapa 2 realizou-se a caracterização dos materiais empregados na pesquisa. E na etapa 3 foram desenvolvidos os métodos de ensaios determinados para a análise da autocicatrização das fissuras e, posteriormente, as análises dos resultados obtidos. Essas etapas estão detalhadas ao longo do trabalho.

Figura 10 – Etapas da pesquisa



(fonte: própria da autora)

3.2 VARIÁVEIS SELECIONADAS

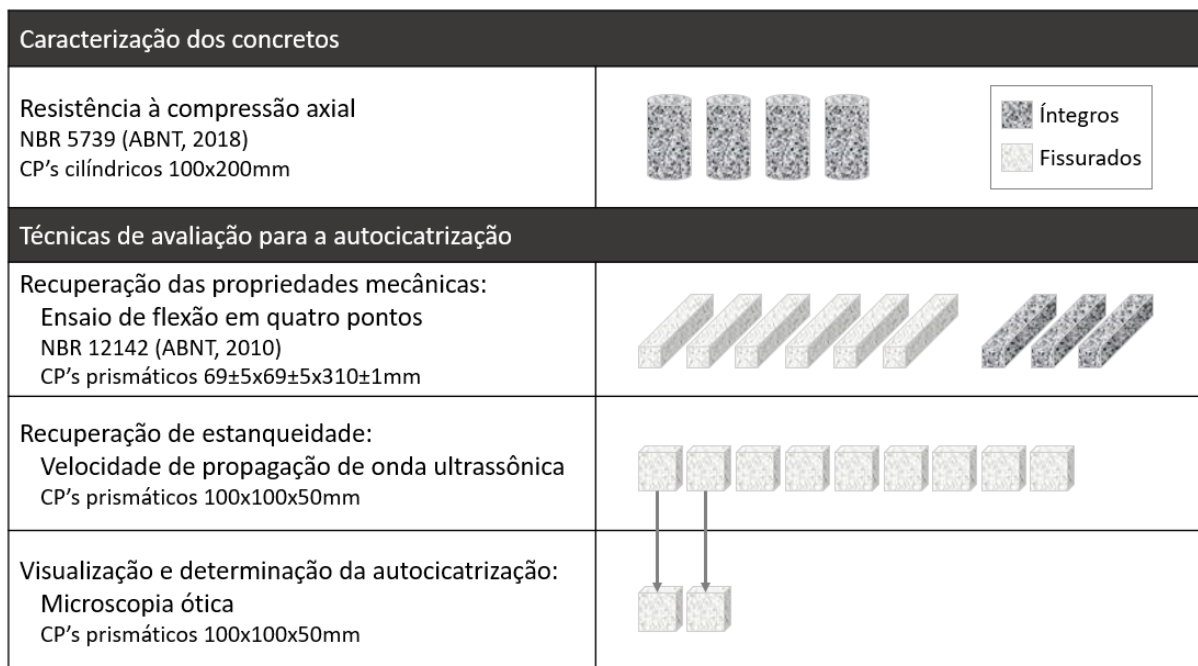
Por meio do embasamento teórico, determinou-se as variáveis envolvidas nesta pesquisa que serão descritas a seguir.

3.2.1 Variáveis de resposta

Como variável de resposta (variável dependente) foi avaliada, no estado endurecido, a resistência à compressão axial. Esse parâmetro foi utilizado para obter as características dos concretos inerentes aos tipos de cimentos e idade de aberturas de fissuras. Já as variáveis de resposta obtidas para controle da autocicatrização foram: recuperação das propriedades mecânicas pelo ensaio de tração na flexão em quatro pontos, recuperação de estanqueidade pelo ensaio de velocidade de propagação de onda ultrassônica e visualização e determinação da autocicatrização por análise de imagens com microscopia ótica.

Com a finalidade de facilitar o entendimento do programa experimental proposto elaborou-se um esquema representativo (Figura 11). Neste consta um exemplo de combinações com as quantidades de corpos de provas moldados para cada situação, divididos entre os ensaios executados.

Figura 11 – Esquema representativo do programa experimental



CP's: corpos de prova

(fonte: própria da autora)

3.2.2 Variáveis controladas

As variáveis controladas (variáveis independentes) são os parâmetros da pesquisa que foram elencados para serem avaliados no decorrer do estudo, em função da influência exercida nas variáveis de resposta. Desse modo, as variáveis controladas neste trabalho são:

a) tipos de cimentos utilizados nos concretos confeccionados;

Foram utilizados três tipos de cimento, com variação na composição, sendo eles: o cimento Portland composto com fíler (CPII-F), o cimento Portland pozolânico (CPIV) e o cimento Portland de alta resistência inicial (CPV). O uso de três tipos de cimentos diferenciados entre si serve para contribuir com a melhoria do entendimento das reações que serão desenvolvidas para cada tipo de cimento, avaliando suas características intrínsecas devido à composição química dos mesmos.

b) diferentes relações água/cimento;

A relação água/cimento foi avaliada em três variações, sendo de 0,30; 0,40 e 0,50. Esses valores foram pré-determinados para que fosse possível verificar aspectos relevantes como a presença de cimento anidro para relações água/cimento baixas, como a de 0,30, sendo valor inferior à quantidade de água disponível para completa hidratação em sistemas com cura

úmida como abordado por Neville (2013). Já a relação de 0,50 foi escolhida por haver menor sobra de material anidro na mistura pela quantidade superior de água disponível para a hidratação. E a relação de 0,40 é uma faixa intermediária, considerada suficiente para processos com cura úmida, e inferior à quantidade necessária quando em sistema sem acesso de água para a cura e hidratação total conforme destacado por Jensen e Hansen (2001).

c) idades de abertura de fissuras;

Foi analisado a capacidade de autocicatrização de fissuras para duas idades de abertura diferentes, aos 3 e 28 dias. A primeira idade foi escolhida por haver maior quantidade de cimento anidro na matriz cimentícia, auxiliando de maneira mais intensa o processo de cicatrização autógena. E os 28 dias por ser a idade tradicionalmente considerada para ensaios em materiais cimentícios com cimentos Portland, na qual a hidratação dos aglomerantes já é significativa e praticamente completa em cimentos mais puros.

d) espessura das fissuras;

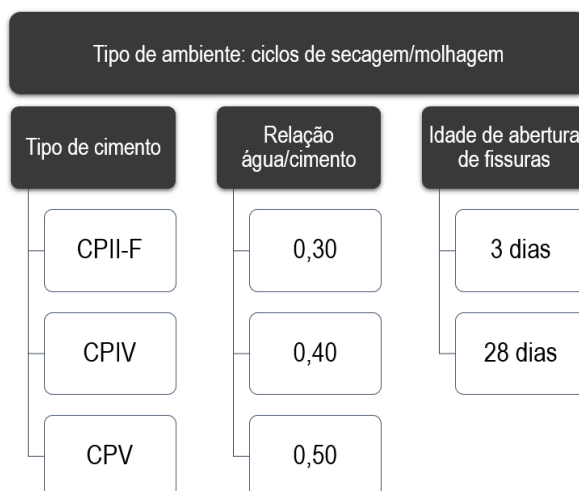
Quanto à espessura da abertura de fissuras, optou-se por considerar para análise somente aberturas inferiores à 0,4mm, dimensão esta apresentada como limite de fissuração máximo na NBR 6118 (ABNT, 2014) e demonstrada por alguns autores como limite de espessura para evidenciamento de cicatrização autógena (PALIN et al., 2015). Fissura com espessura superior à 0,4mm seria a representação de uma situação extrema, extrapolando os limites normativos e o que se evidencia nas pesquisas relacionadas ao assunto. No entanto, como descrito no capítulo dois, para cicatrização autógena, o comum para fechamento completo da fissura são espessuras inferiores a 0,1mm (REINHARDT; JOOSS, 2003; MAES et al., 2016).

e) tipo de ambiente de exposição após a abertura de fissuras: ciclo de molhagem e secagem.

O fator de ambiente de exposição adotado foi ciclos de molhagem e secagem, a fim de intensificar o fenômeno de autocicatrização. Os ciclos compreendem dois dias com os corpos de prova imersos em água potável proveniente da rede pública de abastecimento, renovável a cada ciclo, e doze dias fora da imersão, até a completa coleta dos dados. Foi utilizada uma câmara de ciclos que mantém temperatura de $30\pm 2^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $75\pm 5\%$.

Na Figura 12 está ilustrada a matriz experimental desenvolvida nesta pesquisa. A partir da qual foram obtidas dezoito situações diferentes a serem analisadas quanto à autocicatrização de fissuras em concretos confeccionados com diferentes tipos de cimento.

Figura 12 – Representação esquemática da matriz experimental



(fonte: própria da autora)

3.2.3 Variáveis não controladas

As variáveis não controladas são aquelas que por restrições técnicas não foi possível conter durante o experimento, tais como a temperatura e umidade relativa do ambiente de confecção dos concretos e operadores do ensaio de velocidade de propagação de onda ultrassônica.

3.2.4 Variáveis fixas

As variáveis fixas são aquelas que não são prioritárias na pesquisa e, dessa forma, foram mantidas constantes durante o experimento. Sendo elas:

- abatimento de tronco de cone (NBR NM 67, ABNT, 1998), definido em 220 ± 20 mm;
- betoneira para produção dos concretos e equipamentos para realização dos ensaios;
- operadores, exceto para o ensaio de velocidade de propagação de onda ultrassônica;
- cura, sendo cura ambiente nas primeiras 24 horas após a moldagem com proteção superior dos corpos de prova com lona plástica. Em seguida à desforma, os mesmos foram armazenados em câmara úmida, com umidade relativa $\geq 95\%$ e temperatura de $23 \pm 2^\circ\text{C}$ até as idades de abertura de fissuras. Após as aberturas de fissuras os corpos de prova foram alocados em uma câmara de ciclagem, sendo submetidos aos ciclos consecutivos de dois dias submersos e doze dias secando ao ar.

3.3 MATERIAIS EMPREGADOS

Como segunda etapa de pesquisa, foram preparados e caracterizados os materiais utilizados neste trabalho, os quais serão descritos nos itens seguintes.

3.3.1 Cimentos

Neste trabalho foram utilizados três tipos de cimentos, sendo o cimento Portland composto com fíler (CPII-F), recebido de uma indústria de concreto por meio de doação fornecida a granel, o cimento Portland pozolânico (CPIV) e o cimento Portland de alta resistência inicial (CPV), ambos adquiridos ensacados, mantendo cada um deles dentro do mesmo lote.

O cimento Portland composto com fíler (CPII-F) pode, segundo a NBR 11578 (ABNT, 1991), possuir porcentagem em massa de material carbonático entre 6 e 10%. Já o cimento Portland composto por material pozolânico (CPIV), de acordo com a NBR 5736 (ABNT, 1991) pode variar a substituição de clínquer por material pozolânico de 15 a 55%, e ainda possuir até 5% de material carbonático. E o cimento Portland de alta resistência inicial (CPV), o qual segue a NBR 5733 (ABNT, 1991), permite de 0 a 5% de material carbonático. As composições dos cimentos utilizados estão baseadas nas normas vigentes no período de recebimento dos materiais, apesar dessas normas terem sido atualizadas e compiladas para a norma atual referentes aos cimentos, a NBR 16697 (ABNT, 2018).

Para melhor caracterizar os cimentos utilizados, visto que esses são os materiais com maior influência nas variáveis de respostas desejadas, foram realizados ensaios a fim de tentar justificar os resultados obtidos no trabalho devidos à variação encontrada nos cimentos utilizados. A caracterização física ocorreu por meio da realização do ensaio de massa específica NBR 16605 (ABNT, 2017), granulometria a laser e método de B.E.T. Para caracterização química realizou-se o ensaio de difração de Raios X (DRX), fluorescência de Raios X (FRX) e perda ao fogo, segundo NBR NM 18 (ABNT, 2012). E a caracterização mecânica dos cimentos foi realizada de acordo com a NBR 7215 (ABNT, 1996). Por fim, foi elaborada uma tabela resumo com as caracterizações físicas, mecânicas e químicas dos cimentos utilizados. A descrição dos métodos e resultados obtidos estão apresentados nos itens a seguir.

3.3.1.1 Massa específica

A massa específica do cimento foi determinada no Laboratório de Materiais e Tecnologia do Ambiente Construído (LAMTAC/NORIE), da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), conforme a NBR 16605 (ABNT, 2017).

3.3.1.2 Granulometria

Para determinação da granulometria foi realizado o ensaio de granulometria a laser, a fim de conhecer a distribuição granulométrica e diâmetro médio das partículas. O ensaio foi realizado no Laboratório de Materiais Cerâmicos (LACER), na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, com uso de um equipamento CILAS, *Particle Size Analyser*, modelo CILAS 1180 Liquid (CILAS, Orleans, França). A análise foi desenvolvida por via úmida, dispersa em meio líquido à base de álcool isopropílico, sendo feito um tratamento ultrassônico prévio para garantir a dispersão das partículas, com duração de 60 segundos. Um feixe de laser de $\lambda = 830,625\text{nm}$ é utilizado para medir o tamanho das partículas que o atravessam, em uma faixa de análise de 0,04 a 2500 μm . Os gráficos adquiridos por meio dos resultados obtidos estão apresentados no Anexo A, os quais são apresentados em forma de histograma com a distribuição dos tamanhos de partícula e valor acumulado de tamanho de partículas.

3.3.1.3 Área superficial

O método de B.E.T. permite a realização de análises de área superficial dos cimentos a fim de auxiliar na caracterização morfológica dos grãos. Para desenvolver o método, as amostras pesadas são secas à temperatura de 300°C por um período de 3 horas em vácuo, na sequência é injetado nitrogênio gasoso, o qual se deposita na superfície e poros da amostra. A medida de área superficial ocorre por meio da determinação de gás necessário que proporciona uma camada adsorvida por toda superfície de cada partícula. O ensaio foi realizado pelo Laboratório de Materiais Cerâmicos (LACER), na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, com um equipamento analisador de área superficial da marca Quantachrome, modelo Nova 100, por meio da teoria de Fraunhofer.

3.3.1.4 Composição química

O ensaio de fluorescência de Raios X foi realizado no Laboratório de Materiais Cerâmicos (LACER), da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sem padrão, neste ensaio é possível conhecer a composição química dos óxidos presentes nos cimentos utilizados. O equipamento utilizado para realização do ensaio é da marca Shimadzu, modelo XRF1800.

3.3.1.5 Resistência à compressão dos cimentos

O ensaio de resistência à compressão dos cimentos utilizados seguiu as instruções descritas na NBR 7215 (ABNT, 1996).

3.3.1.6 Caracterização físico-mecânica e química dos cimentos utilizados

Para sumarizar as caracterizações físicas, químicas e mecânicas dos cimentos utilizados, elaborou-se uma tabela (Tabela 1), na qual se apresentam todos os resultados referentes aos ensaios descritos do Item 3.3.1.1 ao Item 3.3.1.5, associados aos limites normativos, segundo a NBR 16697 (ABNT, 2018).

Tabela 1 – Caracterização físico-mecânica e química dos cimentos utilizados

Composição química		Teor (% em massa)					
		CPII-F	LN	CPIV	LN	CPV	LN
Perda ao Fogo (PF)		5,20	≤6,5	4,23	≤6,5	3,09	≤4,5
Dióxido de silício (SiO ₂)		12,78		28,02		12,80	
Óxido de alumínio (Al ₂ O ₃)		3,77		14,29		3,73	
Óxido de ferro (Fe ₂ O ₃)		4,13		4,09		4,89	
Óxido de cálcio (CaO)		66,48		41,45		68,85	
Óxido de magnésio (MgO)		1,46	-	0,88	-	1,06	≤6,5
Trióxido de enxofre (SO ₃)		6,84	≤4,0	4,06	≤4,5	4,69	≤4,5
Óxido de sódio (Na ₂ O)		-		-		-	
Óxido de potássio (K ₂ O)		1,19		1,84		1,47	
Anidrido Carbônico (CO ₂)		2,93	≤5,0	3,83	≤5,5	1,36	≤3,0
Granulometria a laser (µm)	Diâmetro médio	12,84		10,07		11,35	
	Diâmetro 10% (D10)	0,34		0,50		0,31	
	Diâmetro 90% (D90)	35,78		30,09		32,17	
Massa específica (g/cm ³)		3,11		2,61		3,12	
Área específica – B.E.T. (m ² /g)		5,786		6,032		6,232	
Resistência à compressão (MPa)	3 dias	30,28	≥15,0	17,11	≥10,0	29,32	≥24,0
	7 dias	37,58	≥25,0	20,26	≥20,0	35,15	≥34,0
	28 dias	42,88	≥40,0	33,03	≥32,0	42,08	-

LN: Limite normativo, segundo NBR 16697 (ABNT, 2018).

Em relação a Tabela 1, sobre a composição química dos cimentos, é importante salientar que o teor em massa do trióxido de enxofre (SO₃) excedeu os limites normativos para o cimento CPII-F e o CPV.

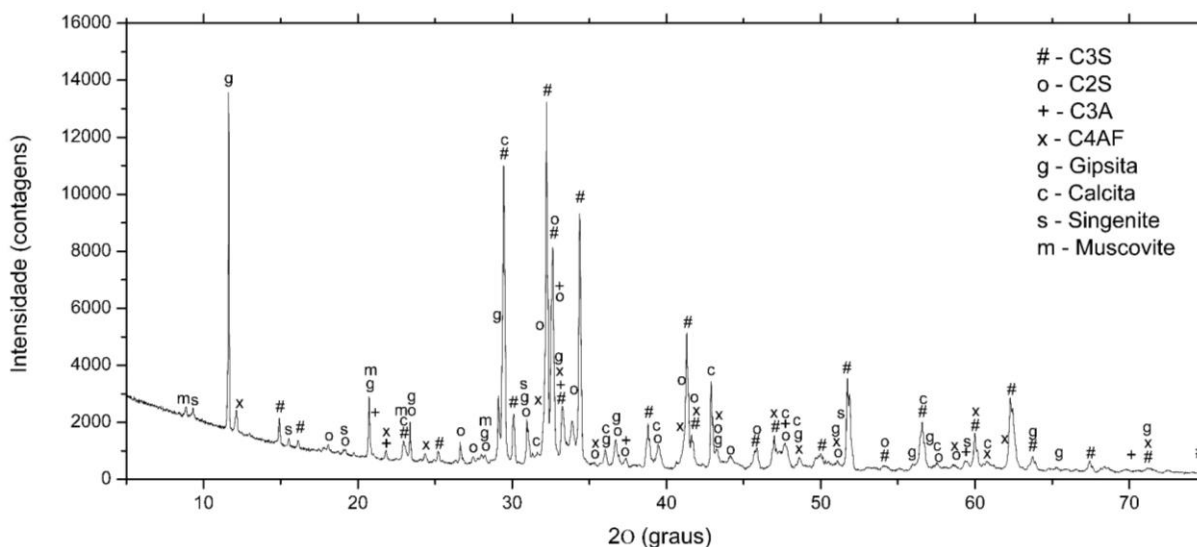
3.3.1.7 Caracterização mineralógica

A difração de Raios x (DRX) foi realizada no Itt Fossil - Instituto Tecnológico de Micropaleontologia, da Universidade do Vale do Rio dos Sinos. Para execução deste ensaio os cimentos foram preparados previamente, sendo enquadrada a granulometria passante na peneira nº200. O laboratório utiliza um difratômetro modelo Empyrean da Malvern Panalytical (vs. 7.9d 20161215), com material do anodo de cobre (Cu) – modelo Empyrean Cu LFF HR (9430 033 7310x) DK412109 e detector proporcional de área (PIXcel3D-Medipix3 1x1), intensidade de raios $\text{CuK}\alpha$ ($\lambda=1,541874 \text{ \AA}$) e $\text{CuK}\beta$ ($\lambda=1,392250 \text{ \AA}$), com faixa de varredura de 5° a 80° , ao passo de $0,05^\circ$.

A avaliação qualitativa das fases cristalinas dos cimentos foi realizada através do software X'Pert High Score, no qual os picos apresentados nos difratogramas, de acordo com suas posições angulares e intensidades relativas difratadas, são analisados comparativamente com fichas existentes em um banco de dados, identificadas como fichas PDF (*Powder Diffraction Files*), agrupadas e armazenadas pelo Comitê Internacional de espectrometria de Difração de Pó (JCPDS: *Joint Committee on Powder Diffraction Standards*). As fichas utilizadas para análise neste trabalho estão descritas com o número, seguidas da qualidade da ficha entre parênteses, sendo S referente as fichas *Star* e C referente as fichas *Calculated*, após o nome químico da ficha, e por fim a fórmula química.

Na Figura 13, está ilustrado o difratograma realizado para o cimento Portland composto por fíler (CPII-F).

Figura 13 – Difratograma do cimento CPII-F



C3S: PDF 01-073-0599 (C) - Calcium Silicate Oxide - $\text{Ca}_3(\text{SiO}_4)\text{O}$;

C2S: PDF 00-033-0302 (S) - Calcium Silicate - $\text{Ca}_2(\text{SiO}_4)$;

C3A: PDF 00-038-1429 (S) - Calcium Aluminum Oxide - $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$;

C4AF: PDF 01-074-0803 (C) - Iron Aluminum Calcium Oxide - $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{Al}_2\text{O}(\text{CaO})_4$;

Gipsita: PDF 00-033-0311 (S) - Calcium Sulfate Hydrate - $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$;

Calcita: PDF 01-072-1652 (C) - Calcium Carbonate - CaCO_3 ;

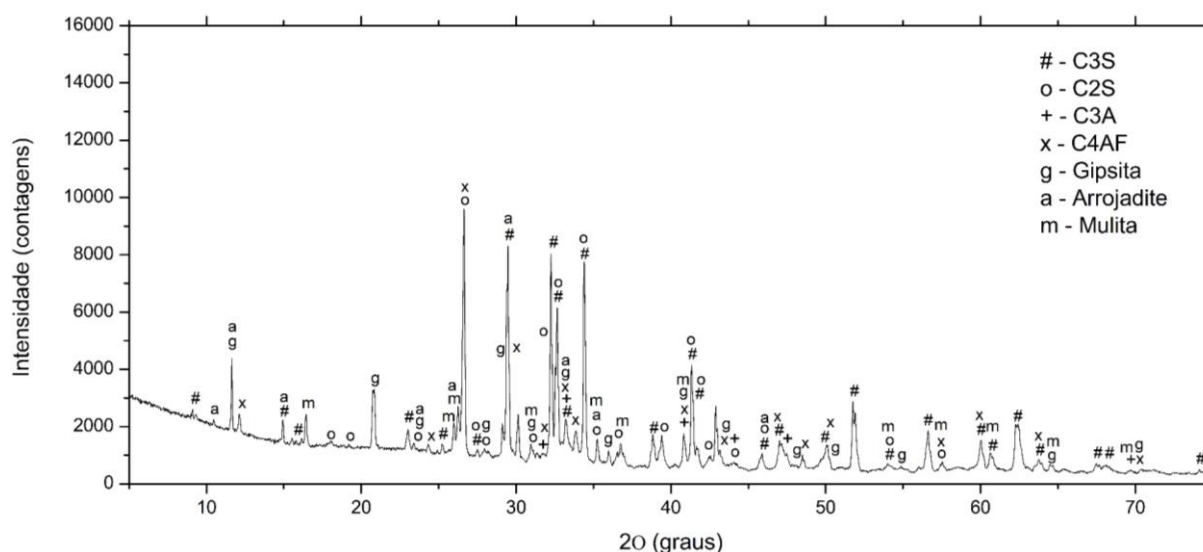
Singenite: PDF 00-028-0739 (S) - Potassium Calcium Sulfate Hydrate - $\text{K}_2\text{Ca}(\text{SO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$;

Muscovite: PDF 01-075-0948 (C) - Potassium Aluminum Silicate Hydroxide - $\text{KAl}_3\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$.

(fonte: Grupo autocatização LAMTAC/NORIE/UFRGS)

Na Figura 14, está ilustrado o difratograma realizado para o cimento Portland composto por pozolana (CPIV). No qual nota-se a presença das fases de constituição do clínquer, com picos de gipsita, arrojadite e mulita, evidenciando a presença de pozolanas na mistura, sendo este referente a cinza volante.

Figura 14 – Difratograma do cimento CPIV



C3S: PDF 01-073-0599 (C) - Calcium Silicate Oxide - $\text{Ca}_3(\text{SiO}_4)\text{O}$;

C2S: PDF 00-033-0302 (S) - Calcium Silicate - $\text{Ca}_2(\text{SiO}_4)$;

C3A: PDF 00-038-1429 (S) - Calcium Aluminum Oxide - $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$;

C4AF: PDF 01-074-0803 (C) - Iron Aluminum Calcium Oxide - $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{Al}_2\text{O}(\text{CaO})_4$;

Gipsita: PDF 00-033-0311 (S) - Calcium Sulfate Hydrate - $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$;

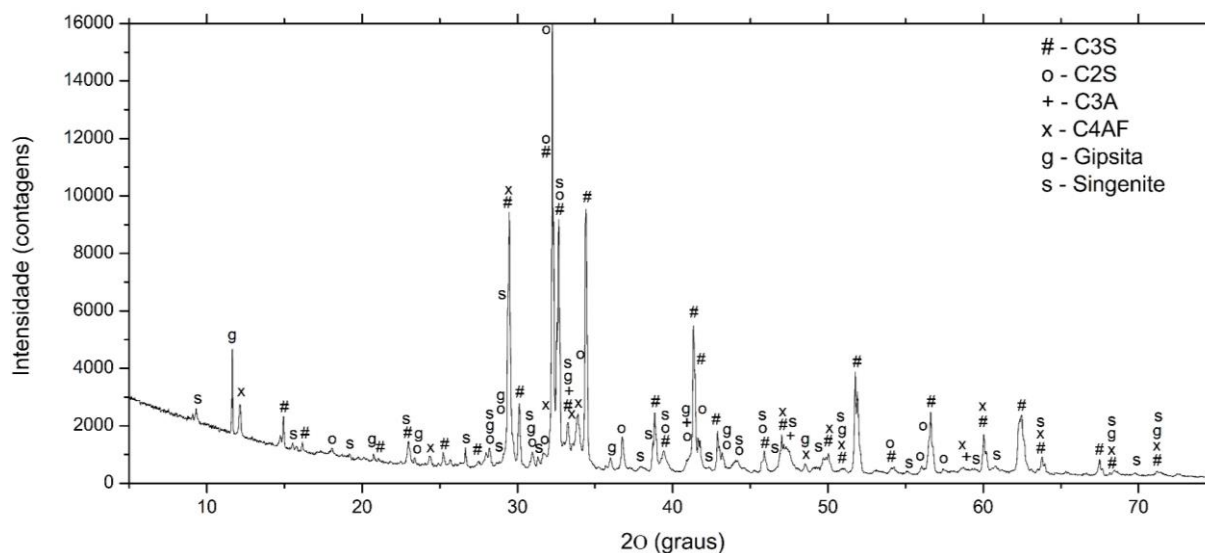
Arrojadite: PDF 01-086-1625 (C) - Sodium Potassium Calcium Iron Manganese Aluminum PhosphateFluoride Hydroxide - $\text{KNa}_4\text{CaMn}_4\text{Fe}_{10}\text{Al}(\text{PO}_4)_{12}(\text{OH}, \text{F})_2$;

Mulita: PDF 01-083-1881 (C) - Aluminum Silicate - $\text{Al}(\text{Al}_{1.272}\text{Si}_{0.728}\text{O}_{4.864})$.

(fonte: própria da autora)

Na Figura 15, está ilustrado o difratograma realizado para o cimento Portland de alta resistência inicial (CPV). Observa-se a presença das fases de constituição do clínquer, com picos de gipsita e singenite.

Figura 15 – Difratograma do cimento CPV



C3S: PDF 01-073-0599 (C) - Calcium Silicate Oxide - $\text{Ca}_3(\text{SiO}_4)\text{O}$;

C2S: PDF 00-033-0302 (S) - Calcium Silicate - $\text{Ca}_2(\text{SiO}_4)$;

C3A: PDF 00-038-1429 (S) - Calcium Aluminum Oxide - $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$;

C4AF: PDF 01-074-0803 (C) - Iron Aluminum Calcium Oxide - $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{Al}_2\text{O}(\text{CaO})_4$;

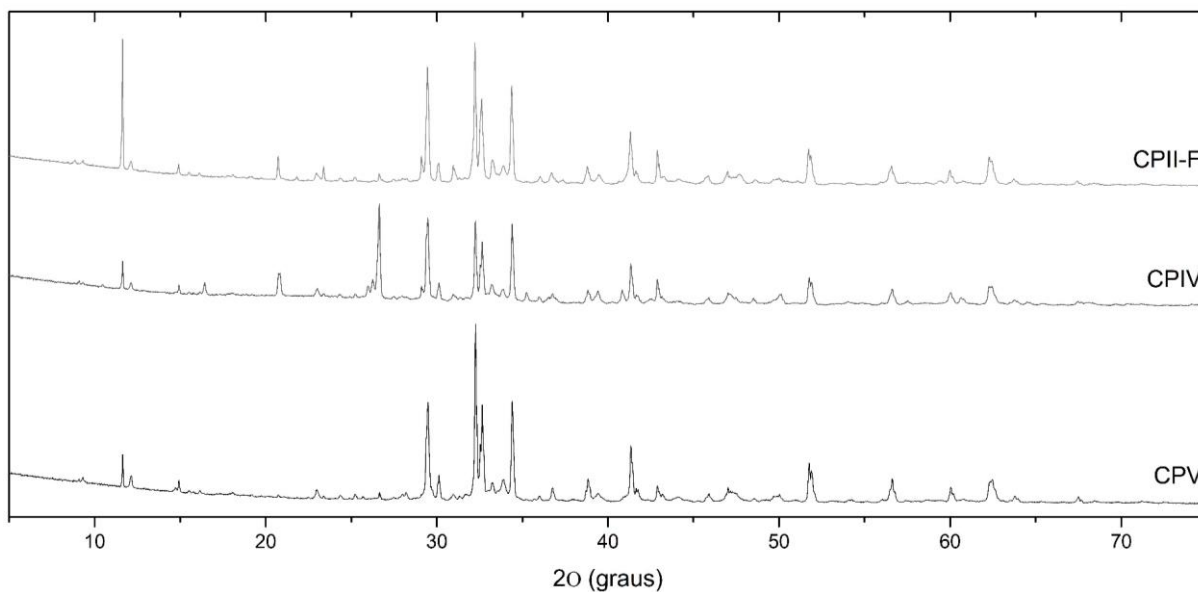
Gipsita: PDF 00-033-0311 (S) - Calcium Sulfate Hydrate - $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$;

Singenite: PDF 00-028-0739 (S) - Potassium Calcium Sulfate Hydrate - $\text{K}_2\text{Ca}(\text{SO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

(fonte: própria da autora)

Na Figura 16, consta os difratogramas para comparação entre os três tipos de cimentos utilizados. Pode-se observar que o pico entre 30° e 35° é mais saliente para o cimento CPV, por ser um cimento mais puro e possuir maior quantidade de clínquer na composição. Para o cimento CPIV, observa-se entre 25° e 30° graus um pico diferenciado de quartzo, inexistente nos demais, visto que a composição deste cimento inclui pozolana.

Figura 16 – Difratoograma comparativo entre os três tipos de cimentos avaliados



(fonte: própria da autora)

3.3.2 Agregado miúdo

O agregado miúdo utilizado é uma areia quartzosa. Para a caracterização foi avaliada a distribuição granulométrica segundo a NBR NM 248 (ABNT, 2003), e as características físicas como a massa específica, NBR NM 52 (ABNT, 2009), o módulo de finura e a dimensão máxima, NBR 7211 (ABNT, 2009) (Tabela 2).

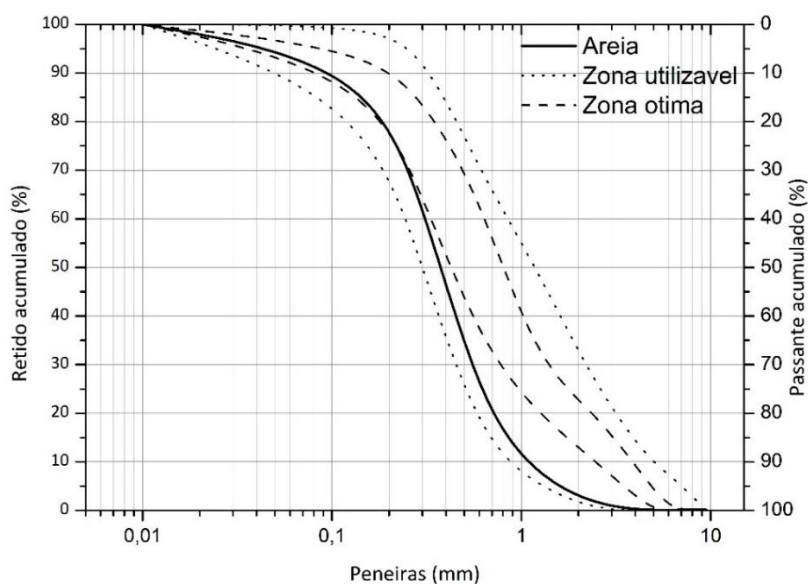
A distribuição granulométrica do agregado miúdo foi enquadrada nos limites das zonas utilizável e ótima, segundo a NBR 7211 (ABNT, 2009). Na Figura 17, pode-se ver a curva granulométrica com os limites normativos.

Tabela 2 – Porcentagem retida nas peneiras da série normal para o agregado miúdo

Abertura das peneiras (mm)	AMOSTRA		NBR 7211 (2009)			
	Média Retida (%)	Média Retida Acumulada (%)	Retida acumulada (%) - em massa			
			Limites inferiores		Limites Superiores	
			Zona utilizável	Zona ótima	Zona ótima	Zona utilizável
4,75	0	0	0	0	5	10
2,36	1	1	0	10	20	25
1,18	7	8	5	20	30	50
0,60	15	23	15	35	55	70
0,30	42	65	50	65	85	95
0,15	27	92	85	90	95	100
Fundo	8	100	-	-	-	-
Módulo de Finura			1,89			
Dimensão Máxima (mm)			2,36			
Massa Específica agregado seco (g/cm³)			2,54			
Massa Esp. saturado superf. seca (g/cm³)			2,57			
Massa Específica aparente (g/cm³)			2,62			
Massa unitária (g/cm³)			1,49			
Absorção de água (%)			1,30			

(fonte: Grupo autocatização LAMTAC/NORIE/UFRGS)

Figura 17 – Granulometria do agregado miúdo



(fonte: Grupo autocatização LAMTAC/NORIE/UFRGS)

3.3.3 Agregado graúdo

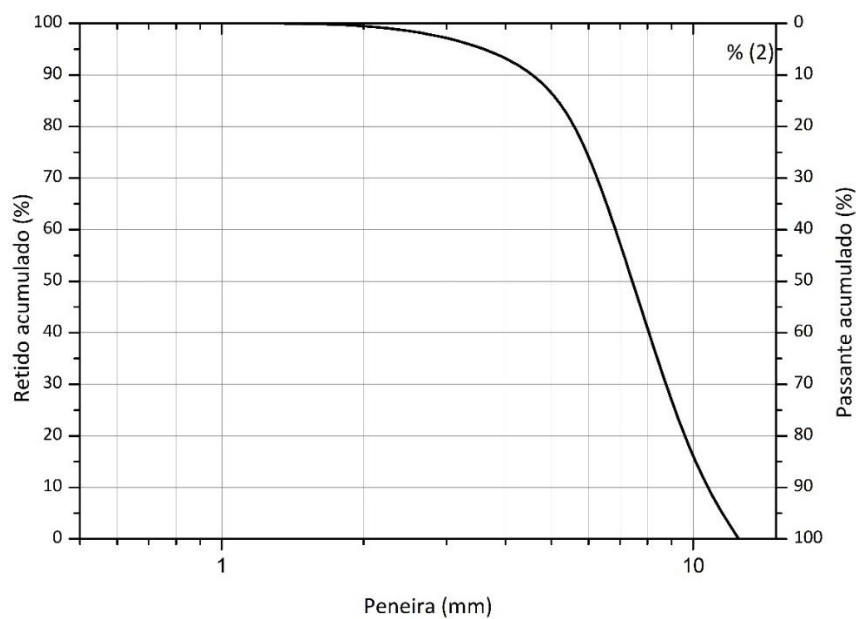
O agregado graúdo utilizado é de origem basáltica. Na Tabela 3 pode ser vista a porcentagem retida em cada peneira, conforme NBR NM 248 (ABNT, 2003), e na Figura 18 apresenta-se a distribuição granulométrica.

Tabela 3 – Porcentagem retida nas peneiras para os agregados graúdos

Peneira (mm)	Porcentagem retida (%)	
	Individual	Acumulada
25	0	0
19	0	0
12,5	0	0
9,5	17	17
6,3	56	73
4,75	20	93
2,36	7	100
1,18	0	100
0,60	0	100
0,30	0	100
0,15	0	100
Fundo	0	100

(fonte: Grupo autocatização LAMTAC/NORIE/UFRGS)

Figura 18 – Distribuição granulométrica do agregado graúdo



(fonte: Grupo autocatização LAMTAC/NORIE/UFRGS)

A caracterização física do agregado graúdo está apresentada na Tabela 4, na qual a dimensão máxima característica foi determinada segundo a NBR 7211 (ABNT, 2009), e as massas específicas e a absorção de água de acordo com a NBR NM 53 (ABNT, 2009).

Tabela 4 – Caracterização física do agregado graúdo

Caracterização agregado graúdo	
Dimensão máxima característica (mm)	12,5
Módulo de Finura	6,10
Massa específica do agregado seco (g/cm ³)	3,01
Massa específica do agregado saturado superfície seca (g/cm ³)	2,94
Massa específica aparente (g/cm ³)	2,91
Massa unitária (g/cm ³)	1,51
Absorção de água (%)	1,20

(fonte: Grupo autocicatrização LAMTAC/NORIE/UFRGS)

3.3.4 Aditivo redutor de água

O uso de aditivo foi necessário para manter o controle do abatimento pré-definido durante a dosagem, dessa forma se manteve a trabalhabilidade dentro da mesma faixa pelo ensaio de abatimento de tronco de cone (*slump*), segundo a NBR NM 67 (ABNT, 1998).

Os aditivos superplastificantes, além de auxiliarem na melhora da trabalhabilidade, também contribuem para o auxílio na dispersão das partículas de cimento na mistura, tornando a distribuição uniforme dentro da matriz. Neste trabalho foi utilizado um aditivo superplastificante, o qual tem as características descritas no Quadro 4, fornecidas pelo fabricante. Apenas o teor de sólidos foi adquirido segundo a NBR 10908 (ABNT, 2008), pelo método expedito.

Quadro 4 – Características físico-químicas do aditivo

Características aditivo	
Base química	Policarboxilato
Aspecto	Líquido
Cor	Alaranjado
Massa específica (g/cm ³)	1,080-1,120
Sólidos (%)	49,28
Dosagem (%) sobre a massa do cimento	0,3 – 2,0

(fonte: adaptado do fabricante)

3.3.5 Água

A água utilizada para a produção dos concretos é proveniente da rede pública de abastecimento do município de Porto Alegre, sendo o Departamento Municipal de Água e Esgotos (DMAE) responsável pelo controle e distribuição.

A água para os períodos de imersão dos ciclos de molhagem e secagem foi também proveniente da rede pública distribuída pelo DMAE. Segundo os relatórios apresentados no site da Prefeitura Municipal de Porto Alegre para controle de qualidade e parâmetros da água, durante os meses de realização dos ciclos (Anexo B), o pH da água no bairro que oferece atendimento à Universidade Federal do Rio Grande do Sul manteve média de pH igual a 6,3, podendo apresentar variabilidade, conforme DMAE, de 6,0 a 9,5.

O pH da água é importante devido à influência que pode exercer nas reações químicas da microestrutura dos concretos. Águas com pH inferior 6,0 em concretos com alta permeabilidade são prejudiciais devido ao aumento na taxa de ataque químico (MEHTA; MONTEIRO, 2014). Portanto, para relações a/c maiores, a influência na taxa de reações químicas pode ser maior do que para concretos com menores relações água/cimento.

Em uma matriz cimentícia com adequada hidratação, tem-se a fase sólida dos compostos desenvolvidos pelos processos de reações de hidratação, geralmente, insolúveis, tais como o C-S-H e o $\text{Ca}(\text{OH})_2$ que se encontram em estado estável para o pH usual do concreto, entre 12,5 e 13,5 (MEHTA; MONTEIRO, 2014). No entanto, quando o concreto permanece em um meio com pH ácido, como a água potável de Porto Alegre que teve média de 6,3, este estado de equilíbrio pode ser perturbado, alterando o pH da água dos poros presentes na matriz cimentícia, podendo inclusive alterar o pH do sistema e desequilibrar os produtos de hidratação até então considerados insolúveis. O aumento nessa taxa de desequilíbrio está relacionado com o pH do meio e à permeabilidade do concreto, que no caso de presença de fissuras não seladas, independente da relação água/cimento, o sistema sofrerá um desequilíbrio nos produtos de hidratação, colaborando com o aumento da porosidade e redução da resistência.

As águas potáveis são denominadas como água mole, as quais contêm pouco ou nenhum íon de cálcio. Por isso, ao terem contato com a matriz cimentícia, a tendência é que ocorra a hidrólise ou dissolução dos produtos que contenham cálcio na composição, como é o caso do hidróxido de cálcio (MEHTA; MONTEIRO, 2014). Por isso curas submersas são

recomendadas com água saturada com hidróxido de cálcio para evitar o processo de lixiviação dos produtos internos ao concreto. Nesta pesquisa, não foi utilizada água saturada com cal para reduzir a influência dessa saturação a qual contribui com o processo de autocicatrização, visto que em situações reais isso não é possível de ocorrer.

3.4 PRODUÇÃO DOS CONCRETOS

A produção dos concretos, descrita neste item, relata a dosagem dos concretos, mistura dos materiais, os ensaios de consistência, os procedimentos de moldagens para as variações de corpos de prova ensaiados, os tipos de cura aplicados para cada situação, e por fim como foi desenvolvido o processo de abertura de fissuras nos prismas destinados às análises de autocicatrização das fissuras.

3.4.1 Dosagem dos concretos

O método de dosagem utilizada baseou-se no proposto pelo IPT/EPUSP (HELENE; TERZIAN, 1992), o qual consiste na determinação de um teor ótimo de argamassa mantendo-se fixo o valor de abatimento. Essa determinação do teor ótimo de argamassa, é provinda de um traço denominado intermediário, com quantidade de agregados média, e na sequência são elaborados os traços mais ricos, com maior teor de aglomerante, e mais pobres, com menor teor de aglomerante, para desenvolver, assim, o diagrama de dosagem.

A dosagem foi desenvolvida com o cimento Portland composto com fíler (CPII-F) e mantida fixa para os demais cimentos estudados: o cimento Portland pozolânico (CPIV) e o cimento Portland de alta resistência inicial (CPV). Optou-se por esse método de dosagem para manter o traço para todos os tipos de cimentos utilizados, apenas a porcentagem de aditivo superplastificante foi alterada, visto que este parâmetro não foi mantido fixo entre as variações a fim de garantir equivalência entre os abatimentos.

Por meio deste método de dosagem, definiu-se o traço intermediário 1:5 (cimento: agregados secos) com o cimento Portland composto com fíler (CPII-F), o teor de argamassa igual a 52%, considerado ideal por meio de análise experimental para os materiais utilizados. O abatimento do concreto foi realizado segundo NBR NM 67 (ABNT, 1998), e fixado em 220 ± 20 mm, o qual foi mantido fixo com auxílio de aditivo superplastificante à base de policarboxilato. Além do traço intermediário foram desenvolvidos mais três traços, sendo dois ricos (1:2 e

1:3,5) e um pobre (1:6,5). Foram moldados corpos de prova cilíndricos (100x200)mm para determinação da resistência à compressão axial aos 28 dias, conforme NBR 5739 (ABNT, 2018).

Os valores obtidos no ajuste do traço estão descritos na Tabela 5, inclusive o teor de aditivo superplastificante, utilizado para manter a trabalhabilidade nas diferentes relações água/cimento, na dosagem o aditivo foi mantido fixo para os diferentes traços. Estes dados estão ilustrados no diagrama de dosagem apresentado na Figura 19, constituído por quatro eixos: resistência à compressão aos 28 dias, relação água/cimento, teor de agregados e consumo de cimento.

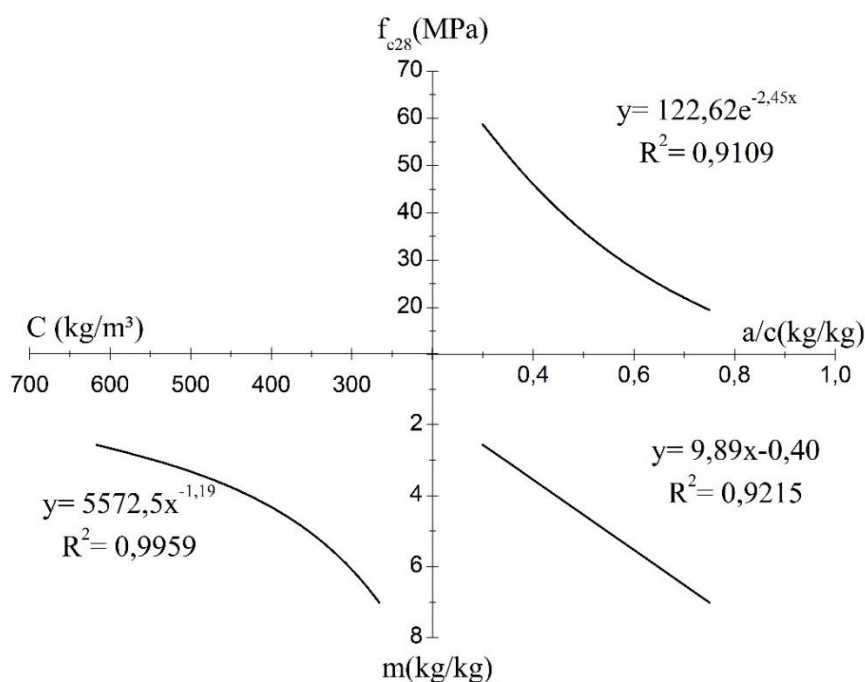
Tabela 5 – Resultado da curva de dosagem experimental

Traço unitário (1:m) (kg/kg)	Relação água/cimento (a/c)	Aditivo (%)	F_{c28} potencial* (MPa)	Consumo cimento (kg/m³)
1:2	0,29	0,22	67,47	741,42
1:3,5	0,39	0,22	47,22	488,68
1:5	0,47	0,22	31,56	358,19
1:6,5	0,73	0,22	22,21	275,91

*Para o cimento CPII-F

(fonte: Grupo autocatização LAMTAC/NORIE/UFRGS)

Figura 19 – Diagrama de dosagem



(fonte: Grupo autocatização LAMTAC/NORIE/UFRGS)

A partir da curva de dosagem encontrada para o cimento Portland composto com fíler (CPII-F) foi possível definir os traços para as relações água/cimento fixas para este trabalho de 0,30; 0,40 e 0,50 (Tabela 6).

Tabela 6 – Proporcionamento dos concretos

Relação água/cimento	m	Traço	Cimento (kg)	Areia (kg)	Brita (kg)	Água (kg)	Consumo CPII-F (kg/m³)
0,30	2,56	1:0,85:1,71	11,70	9,97	20	3,51	644,65
0,40	3,55	1:1,37:2,18	9,15	12,51	20	3,66	481,67
0,50	4,54	1:1,88:2,66	7,52	14,15	20	3,76	378,81

(fonte: Grupo autocicatrização LAMTAC/NORIE/UFRGS)

Seguindo os traços apresentados na Tabela 6, todos os concretos foram moldados segundo estes proporcionamentos, apenas variando o tipo de cimento e utilizando aditivo superplastificante na mistura até atingir o abatimento pré-determinado em 220±20mm, a quantidade de aditivo não foi significativa, dessa forma, não foi considerado no cálculo da relação água/cimento. Na Tabela 7 são apresentados os consumos de cimento encontrados para cada tipo de cimento utilizado nas diferentes relações água/cimento analisadas.

Tabela 7 – Consumo de cimento por tipo de cimento utilizado para os mesmos traços de concretos desenvolvimentos

Relação água/cimento	m	Traço	Consumo de cimento (kg/m³)		
			CPII-F	CPIV	CPV
0,30	2,56	1:0,85:1,71	644,65	619,31	640,74
0,40	3,55	1:1,37:2,18	481,67	474,76	481,25
0,50	4,54	1:1,88:2,66	378,81	377,91	390,01

(fonte: própria da autora)

As quantidades de aditivo e os valores obtidos no ensaio de abatimento estão apresentados na Tabela 8 para cada betonada (B) realizada de cada traço, assim como as condições climáticas durante as moldagens, como temperatura (T) e umidade relativa (UR).

Tabela 8 – Abatimento, quantidade de aditivo (% sobre a massa de cimento) e condições climáticas

Tipo de cimento	Relação água/cimento	Abatimento (mm)				Aditivo (%)	T (°C)	UR (%)
		B1	B2	B3	B4			
CPII-F	0,30	220	230	220	230	0,26	33	58
	0,40	230	230	225	230	0,17	26	55
	0,50	210	220	210	210	0,09	24	83
CPIV	0,30	230	210	-	-	0,29	28	48
	0,40	225	215	-	-	0,17	28	49
	0,50	220	230	-	-	0,17	29	52
CPV	0,30	225	220	-	-	0,23	28	56
	0,40	220	210	-	-	0,15	32	47
	0,50	240	230	-	-	0,14	29	55

B: betonada, T: temperatura, UR: umidade relativa.

(fonte: própria da autora)

3.4.2 Mistura dos materiais

A operação de mistura dos materiais foi realizada com auxílio de uma betoneira planetária que possui eixo vertical, previamente imprimada com argamassa de cimento de areia proveniente dos materiais utilizados neste trabalho. A ordem de colocação dos materiais foi mantida constante em todas as misturas, seguindo o procedimento: brita, um terço da água, cimento, dois terços da água, parte do aditivo superplastificante, areia, aditivo superplastificante (suficiente para ajustes finais do traço). Desde o início da colocação de água na brita decorreram quatro minutos até a realização dos ensaios de abatimento, logo após foi realizada a mistura durante 30 segundos e iniciava-se o processo de moldagem.

3.4.3 Ensaios de consistência

O controle do abatimento fixado em 220 ± 20 mm foi analisado pelo método de ensaio de abatimento de tronco de cone (*slump*), segundo a NBR NM 67 (ABNT, 1998). Este ensaio foi realizado para todas as betonadas a fim de manter a padronização nas misturas confeccionadas, e foi mantido fixo o operador ao longo de todo o desenvolvimento das concretagens a fim de evitar distorções nas medições de trabalhabilidade analisadas. Na Figura 20, pode-se ver a execução do ensaio e o aspecto visual do concreto fresco.

Figura 20 – Ensaio de abatimento pelo tronco de cone (a) execução; (b) aspecto visual do concreto fresco

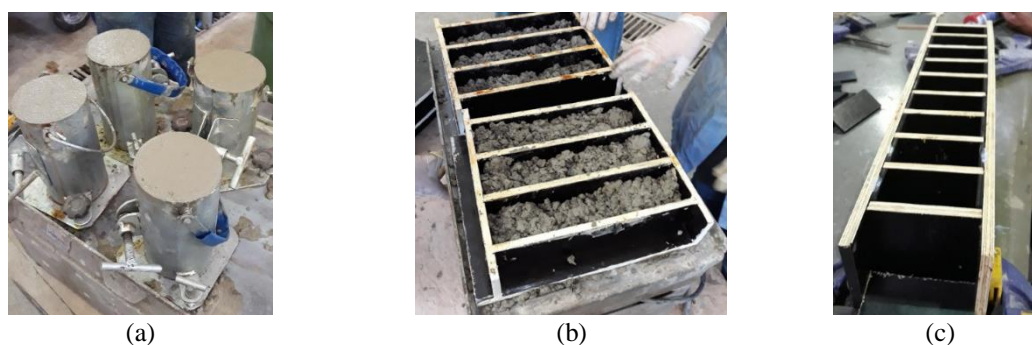


(fonte: própria da autora)

3.4.4 Moldagem dos corpos de prova

Para cada traço foram moldados simultaneamente e em sequência de betonadas os corpos de prova para resistência à compressão axial, resistência à tração na flexão e os prismas para análises de aut cicatrização de fissuras. Utilizaram-se três variedades de fôrmas devido às exigências dos ensaios pré-definidos. Para os ensaios de resistência à compressão axial, foram moldados corpos de prova (100x200)mm em fôrmas metálicas. Para o ensaio de recuperação de resistência por meio do método de ensaio de resistência à tração na flexão foram moldados corpos de prova com 69 ± 5 mm de arestas e 310 ± 1 mm de comprimento, em fôrmas de compensado naval. E para os ensaios de análise de aut cicatrização de fissuras, tais como: velocidade de propagação de onda ultrassônica e microscopia ótica foram moldados prismas (100x100x50)mm, em fôrmas de compensado naval. Todas as fôrmas receberam desmoldante antecedida à moldagem. A Figura 21 ilustra os três tipos de fôrmas utilizadas na moldagem dos corpos de prova.

Figura 21 – Fôrmas utilizadas para a moldagem dos concretos (a) fôrmas cilíndricas (100x200) mm; (b) fôrmas prismáticas ($310\pm 1\times 69\pm 5\times 69\pm 5$)mm; (c) fôrmas prismáticas (100x100x50)mm



(fonte: própria da autora)

O processo de adensamento adotado foi mecânico com auxílio da mesa vibratória, executado em três camadas, com vibração de quinze segundos para cada camada, a fim de manter a uniformidade na moldagem dos corpos de prova. Esta metodologia foi aplicada nos corpos de prova cilíndricos (100x200)mm e prismáticos (100x100x50)mm. Já os corpos de prova prismáticos com 69 ± 5 mm de arestas e 310 ± 1 mm de comprimento foram moldados em duas camadas, com o mesmo tempo de vibração e equipamento mecânico.

3.4.5 Cura

Os corpos de prova ficaram acondicionados em temperatura ambiente nas primeiras 24 horas, cobertos com sacos plásticos. Posteriormente, foram desmoldados e armazenados em câmara úmida sob temperatura de $23\pm 2^\circ\text{C}$ e umidade maior que 95%, onde permaneceram até as datas dos ensaios, segundo a NBR 5738 (ABNT, 2015).

3.4.6 Abertura de fissuras

Como etapa inicial do programa experimental foi realizado um estudo preliminar para definir qual o melhor método de abertura de fissuras. Nesta etapa, foram realizados alguns testes empíricos variando os métodos de aplicação de cargas em diferentes geometrias de corpos de prova.

No trabalho de Cappellesso (2016), as microfissuras foram abertas por tração na flexão em quatro pontos semelhante ao desenvolvido nesse trabalho. No entanto, naquele foi utilizado armadura inserida na matriz para garantir que não houvesse quebra de corpos de prova durante a abertura de fissuras. A autocicatrização foi avaliada apenas por métodos não destrutivos como velocidade de propagação de onda ultrassônica, como método quantitativo e microscopia ótica, como método qualitativo. As demais características deste trabalho foram avaliadas diante da propriedade de porosidade capilar, a qual influencia a colmatação autógena dos poros internos, métodos tais como: absorção total (NBR 9778), penetração de água sob pressão (30kPa), penetração de cloretos (ASTM C 1202) e carbonatação pelo método da pulverização de fenolftaleína.

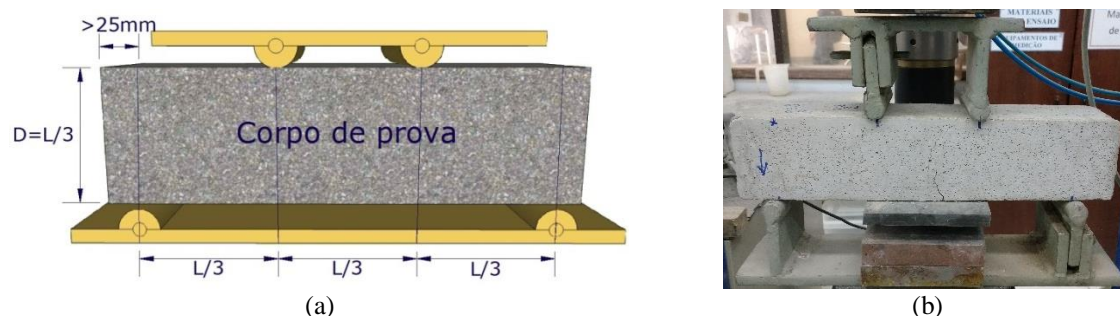
A partir do apontado por Cappellesso (2016), optou-se por trabalhar com abertura de fissuras por meio da resistência de tração na flexão em quatro pontos, no entanto, além da análise por método não destrutivo de velocidade de propagação de onda ultrassônica, neste trabalho os

corpos de prova também foram submetidos à nova aplicação de carga após 91 dias contados a partir da idade das aberturas de fissuras. Dessa forma, os corpos de prova com carga aplicada para abertura de fissuras aos 3 dias foram submetidos ao mesmo ensaio aos 94 dias de idade, e os corpos de prova fissurados aos 28 dias foram submetidos à reaplicação de carga aos 119 dias de idade do concreto. O intuito desse método foi verificar a capacidade de recuperação das propriedades mecânicas dos concretos avaliados, com diferentes tipos de cimento e diferentes relações água/cimento, em diferentes idades de abertura de fissuras.

Alguns trabalhos realizados nessa linha no Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação (NORIE) avaliaram a autocicatrização por microfissuração causada por pré-carregamento nas primeiras idades (BERNARDINO, 2016; VENQUIARUTO, 2017; HIRATA, 2018), sendo Vieira (2008) o trabalho inicial que analisou a microfissuração por pré-carregamento originando os demais. No entanto, nestes trabalhos configurações de autocicatrização podiam ser confundidas com o desenvolvimento de compactação causada pelo pré-carregamento, principalmente nos trabalhos que utilizaram corpos de prova cilíndricos para o pré-carregamento. Diante disso, foi realizada a tentativa de tentar eliminar o fator de compactação da matriz analisando a autocicatrização e recuperação da capacidade resistente pelo ensaio de resistência à tração na flexão em quatro pontos. O intuito dessa metodologia é avaliar a possível recuperação de carga desses corpos de prova prismáticos após 91 dias ou seis ciclos de molhagem e secagem, a partir da idade de abertura de fissuras.

A abertura de fissuras nos corpos de prova prismáticos foi realizada com o aparato preconizado na NBR 12142 (ABNT, 2010). Este consiste em um dispositivo de flexão que assegura aplicação da força perpendicularmente às faces superior e inferior do corpo de prova, sem excentricidades, sendo este aplicado em quatro pontos. O dispositivo mantém o paralelismo entre os planos verticais que passam pelos eixos dos elementos de apoio e de aplicação de força, assim como as distâncias relativas entre si. As medidas de aplicação da carga foram mantidas para todos os corpos de prova, nos quais foram marcados os terços médios, de acordo com o preconizado na norma. A representação esquemática e a foto do dispositivo utilizado, assim como a demarcação dos terços médios, estão ilustradas na Figura 22.

Figura 22 – Dispositivo de quatro pontos e demarcação dos terços médios
 (a) representação esquemática (CAPPELLESSO, 2016); (b) registro do ensaio de abertura de fissuras



(fonte: própria da autora)

É importante salientar que não foram utilizados mecanismos de controle de abertura de fissuras, dessa forma, cada abertura se desenvolveu conforme as características de homogeneidade e propriedades físicas dos prismas ensaiados. No entanto, tomou-se o cuidado de colocar uma proteção entre o terço médio na parte inferior, sem contato com o prisma, somente como forma de evitar ruptura total durante o ensaio.

Após conclusão do carregamento, segundo a NBR 12142 (ABNT, 2010), o corpo de prova continha a fissura na parte inferior distribuída por flexão devido a solicitações de tração, mas na parte superior mantinha-se íntegro devido às solicitações de compressão causadas nessa área.

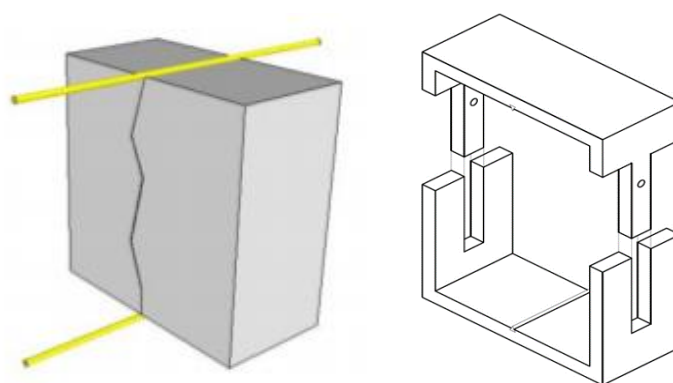
Além dos prismas confeccionados para o ensaio de recuperação da resistência, foram testados prismas para que fosse possível realizar a fissuração sem desprendimento total do elemento devido aos esforços de tração, com o intuito de utilizar estes corpos de prova para ensaios direcionados à aut cicatrização, tais como: velocidade de propagação de onda ultrassônica e microscopia ótica. A menor dimensão calculada de acordo com a dimensão máxima do agregado graúdo utilizado, sendo quatro vezes o diâmetro dos mesmos, resultou em prismas menores com dimensões (100x100x50) mm.

A aplicação de carga nos prismas para análises de aut cicatrização de fissuras foi de tração por compressão diametral realizada em um ponto específico na parte superior e inferior do prisma, por meio de um trecho de barra metálica, a qual ocasiona esforços de tração no concreto, resultando na ruptura do corpo de prova, direcionando a fissura perpendicular à face de aplicação da carga. Assim como no ensaio de tração por compressão diametral,

normalizado pela NBR 7222 (ABNT, 2011), para evitar a concentração de tensões elevadas na direção do carregamento, é indicada a utilização de chapas de madeira dura entre o corpo de prova e os pratos de aplicação de carga. Neste trabalho se optou pelas barras lisas metálicas com bitola de 5mm para garantir o mesmo método de distribuição das tensões em todos os corpos de prova. Com essas condições ocorre acúmulo de tensão de compressão horizontal nas superfícies de contato com a barra que direciona uma tensão vertical de compressão. Então, gera-se um estado de compressão biaxial e a fissura se desenvolve por tensões de tração uniformes horizontais que atuam na seção transversal do prisma, sendo normal à carga de compressão aplicada.

Neste método, o carregamento foi aplicado com velocidade de $0,45 \pm 0,15$ MPa/s de maneira constante, o qual era cessado automaticamente quando havia queda de força que indicasse a ruptura e visual abertura de fissura (Figura 23). Foi desenvolvido um aparato com limitador lateral para que o corpo de prova não viesse a se romper completamente, fato esse registrado nos estudos preliminares. O mesmo foi encaminhado para processo de patente, com número do registro: BR10201900794, depositado no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), com o título de “dispositivo de acoplamento de amostra para ensaio de fissuração e processo de fissuração em amostra”.

Figura 23 – Posicionamento dos apoios direcionados paralelamente ao prisma de concreto com limitador lateral

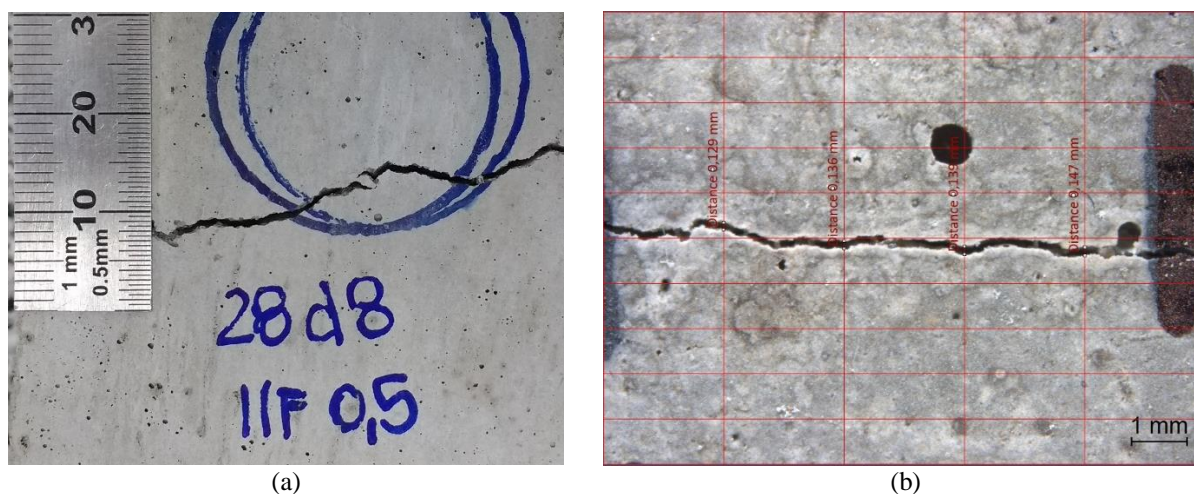


(fonte: Grupo autocicatrização LAMTAC/NORIE/UFRGS)

O limite determinado de abertura de fissuras foi de 0,4mm, no entanto, todos os corpos de prova foram mantidos, independente da espessura das fissuras, diante da possível análise e comparação com demais trabalhos frente à abertura máxima com capacidade de autocicatrização por colmatação autógena. As fissuras abertas nos prismas para análise de

recuperação das propriedades mecânicas por tração na flexão em quatro pontos foram conferidas com auxílio de uma régua metálica graduada, nas quais realizou-se o registro fotográfico para conferência posterior aos 91 dias de acompanhamento (Figura 24a). E as fissuras abertas nos prismas destinados a análises de autocicatrização de fissuras com o aparato para abertura à tração por compressão foram medidas com auxílio de microscopia ótica, sendo o método empregado detalhado no item 3.5.2.3 (Figura 24b).

Figura 24 – Medições de espessuras de fissuras (a) medição com régua metálica graduada; (b) medição com microscopia ótica



(fonte: própria da autora)

3.4.7 Ciclo de molhagem e secagem

O ambiente de exposição no qual os concretos fissurados ficam expostos exerce grande influência no desenvolvimento do fenômeno de autocicatrização. Como já descrito no capítulo 2, apenas com a presença de água se inicia o processo de cicatrização autógena. Em situações reais, a água pode agir por meio da umidade relativa alta, exposição à água das chuvas ou saturação total no caso de estruturas submersas. Portanto, a fim de aproximar os resultados encontrados a muitos tipos de estruturas empregadas no cotidiano, definiu-se manter os concretos estudados em ambiente de ciclos de molhagem e secagem. Segundo Qian et al. (2010), a condição de ciclos seria a melhor, visto que promove a interação com a água nos períodos de molhagem, CO_2 nos períodos de baixa umidade e ainda contribui com a hidratação do material cimentício anidro.

Dessa forma, nas datas destinadas às aberturas de fissuras dos concretos, aos 3 e 28 dias, os corpos de prova foram destinados aos ensaios correspondentes, os quais ocorriam ao longo do dia, então no dia seguinte eram levados à câmara de ciclos para entrarem no processo de imersão por dois dias e

secagem por doze dias, completando, assim, ciclos de molhagem e secagem de quatorze dias. A câmara de ciclagem mantém temperatura controlada de $30\pm 2^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $75\pm 5\%$.

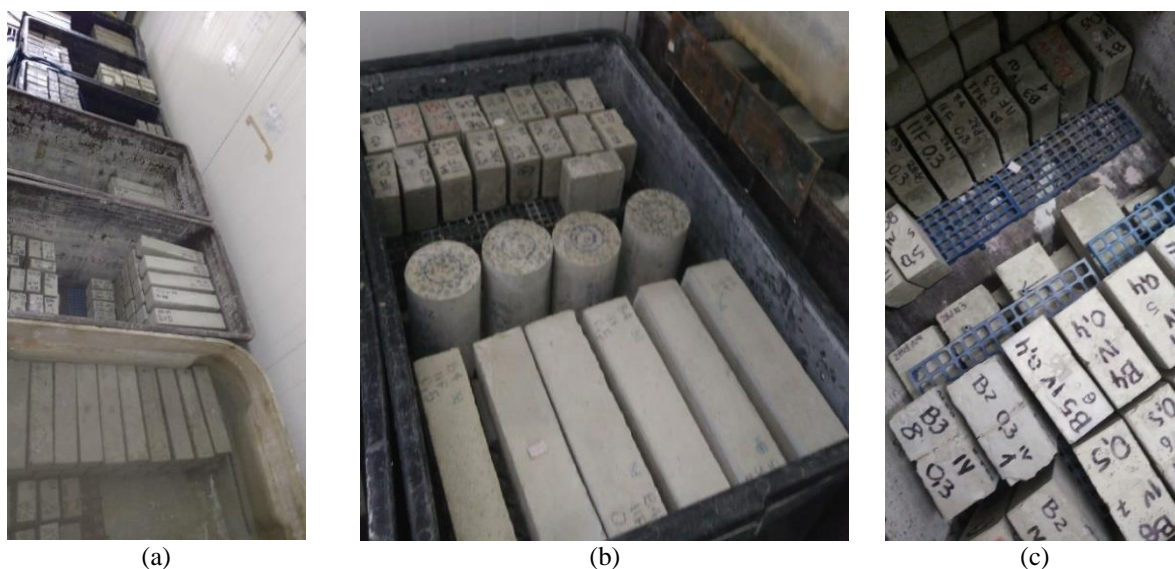
A água inserida nos ciclos era proveniente de rede pública, sendo que a cada ciclo a mesma era renovada. Optou-se por não reutilizar as águas dos ciclos a fim de evitar auxílio de lixiviados dos concretos na autocicatrização das fissuras. A água utilizada nos ciclos, por conter pouco ou nenhum íon de cálcio, quando em contato com a matriz cimentícia tende a hidrolisar ou dissolver o hidróxido de cálcio (MEHTA; MONTEIRO, 2014). Isso somente é evitado ao obter equilíbrio químico na solução, por isso há muitas indicações para cura submersa com água saturada com hidróxido de cálcio em materiais cimentícios, a fim de evitar a lixiviação desses produtos internos.

Com a finalidade de se aproximar mais de situações reais e corriqueiras de estruturas de concreto em contato com a água, optou-se por não saturar a água dos ciclos no período de molhagem com hidróxido de cálcio. Dessa forma, buscou-se descartar o benefício causado na contribuição de produtos formados no interior das fissuras devido à fonte externa que seria proporcionada se a água fosse saturada com cal.

Os ciclos tendem a acelerar os processos de autocicatrização, essencialmente pela lixiviação do hidróxido de cálcio, principal produto de cicatrização autógena quando sofre carbonatação, processo semelhante à eflorescência. Neste trabalho, os períodos submersos mantinham temperatura inferior à encontrada na câmara de ciclagem, simulando período frio e úmido, e o período de baixa umidade foi realizado com temperatura mais elevada, simulando período quente e seco. Nessa situação o processo de eflorescência é intensificado (NEVILLE, 2013).

Na câmara de ciclos, os corpos de prova foram distribuídos em compartimentos conforme o ciclo em que estavam inseridos, e dentro desses compartimentos os corpos de prova distavam entre si em 10mm na vertical, pois eram colocados estrados plásticos vazados para permitir a circulação de ar entre todas as faces, e horizontalmente mantinham distância em torno de 5mm entre si (Figura 25).

Figura 25 – Registro de compartimentos dos ciclos (a) compartimentos alocados dentro da câmara de ciclagem; (b) ciclo com corpos de prova que o compõem; (c) detalhe dos estrados colocados entre os corpos de prova



(fonte: própria da autora)

De acordo com os mecanismos de intensificação da autocicatrização autógena, os gatilhos, apresentados no Capítulo 2, por Van Tittelboom e De Belie (2013), a água é o principal fator para a maioria dos fenômenos relatados, seguida pelo dióxido de carbono (CO_2), e conciliar um tipo de cura que englobe ambos os fatores mais influentes para o fenômeno de autocicatrização justifica a escolha de ciclos de molhagem e secagem para este estudo. Dessa forma, ambas as formas de cicatrização descritas na literatura, tanto por hidratação tardia com formação de C-S-H, quanto por carbonatação do $\text{Ca}(\text{OH})_2$, podem ser abrangidas devido a essa metodologia de exposição das amostras.

3.5 ENSAIOS REALIZADOS

Nos itens seguintes estão descritos de forma detalhada os ensaios realizados com a finalidade de verificar o desempenho dos concretos produzidos em relação à capacidade de autocicatrização de fissuras, tais como: resistência à tração na flexão em quatro pontos, velocidade de propagação de onda ultrassônica e microscopia ótica. Em paralelo, realizou-se também ensaios para caracterizar os concretos quanto às propriedades mecânicas por meio da resistência à compressão axial.

3.5.1 Caracterização dos concretos

De modo a determinar a capacidade de suportar esforços dos concretos ensaiados e caracterizá-los nas idades de aberturas de fissuras, realizou-se o ensaio de resistência à compressão simples, aos 3 e 28 dias, conforme preconizado pela NBR 5739 (ABNT, 2018). As duas idades foram avaliadas devido ao programa experimental contemplar estas para as aberturas de fissuras. Dessa forma, pode-se comparar esses resultados com os resultados das técnicas realizadas para análises de autocicatrização das fissuras, referente aos comportamentos relacionados às propriedades mecânicas.

A realização dos ensaios foi executada no Laboratório de Materiais e Tecnologia do Ambiente Construído (LAMTAC/NORIE), na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, utilizando um equipamento universal de ensaios, da marca EMIC, com controle de deslocamento e capacidade 1kN de carga compressiva com resolução mínima de 10N. Para este ensaio foram confeccionados três a quatro corpos de prova, cilíndricos (100x200)mm, por combinação de acordo com a matriz experimental. Os corpos de prova foram aleatorizados, tendo-se um exemplar para cada betonada realizada, a fim de mapear os possíveis erros e ruídos experimentais inerentes ao processo de confecção dos concretos.

3.5.2 Técnicas de avaliação para a autocicatrização

As técnicas de avaliação de autocicatrização podem ser divididas de três maneiras, segundo Van Tittelboom e De Belie (2013): recuperação das propriedades mecânicas, recuperação de estanqueidade, e visualização e determinação do fenômeno de autocicatrização. Neste trabalho, optou-se por realizar técnicas específicas que atendessem os três pontos levantados pelas autoras. Assim, para a recuperação das propriedades mecânicas realizou-se o ensaio de flexão em quatro pontos, para recuperação de estanqueidade, o ensaio de velocidade de propagação de onda ultrassônica, e para a visualização e determinação do fenômeno optou-se pelo ensaio de microscopia ótica. Estes ensaios serão descritos e detalhados nos itens seguintes.

3.5.2.1 Recuperação das propriedades mecânicas: ensaio de flexão em quatro pontos

A resistência à tração do concreto pode ser avaliada por dois métodos indiretos: o ensaio de resistência à tração na flexão e o ensaio de resistência à tração por compressão diametral. Os diferentes tipos de ensaios resultam em resultados numéricos diferentes, sendo os resultados

maiores para tração na flexão, seguida da tração por compressão diametral e como menor resultado o ensaio de tração direta. Isso se deve ao fato de que nos ensaios de tração por compressão diametral e tração na flexão as distribuições de tensões não são uniformes, dessa forma, acabam impedindo a propagação da fissura, resultando no retardo da ruptura. Já na tração direta a distribuição de tensões é uniforme, resultando em propagação rápida da fissura assim que ela se forma.

O ensaio de resistência à tração da flexão foi realizado segundo a NBR 12142 (ABNT, 2010), com o objetivo de analisar a autocicatrização das fissuras após 91 dias da data de abertura das mesmas, aos 3 e 28 dias. Até a data de abertura de fissuras os corpos de provas foram acondicionados em cura úmida, sob temperatura de $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ e umidade maior que 95%. A realização dos ensaios foi executada no Laboratório de Materiais e Tecnologia do Ambiente Construído (LAMTAC/NORIE), na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, utilizando um equipamento universal de ensaios, da marca EMIC, com controle de deslocamento e capacidade 1kN de carga compressiva, com resolução mínima de 10N.

O ensaio consiste em submeter um prisma de concreto à flexão e determinar as tensões máximas de tração atingidas nas fibras inferiores, a transmissão de carga se dá com o auxílio de um aparato específico para a dimensão dos corpos de prova confeccionados. Optou-se por moldar corpos de provas prismáticos $69\pm 5\text{mm}$ de arestas e $310\pm 1\text{mm}$ de comprimento, as medidas de arestas tem maior variação devido à utilização de fôrmas confeccionadas com compensado naval, especificamente para o desenvolvimento deste ensaio, visto a quantidade grande de corpos de prova necessários para beneficiar a análise devido à variabilidade intrínseca à diversidade de fissuras desenvolvidas (Figura 26).

Figura 26 – Formas confeccionadas para produzir corpos de provas prismáticos para o ensaio de resistência à tração na flexão (a) moldagem; (b) adensamento



(a)



(b)

(fonte: própria da autora)

Os corpos de prova foram medidos previamente antes da aplicação da carga, possibilitando o cálculo do módulo de ruptura por tração na flexão destes exemplares. Este ensaio tende a superestimar os resultados de tração do concreto entre 50 e 100%, visto que se utiliza uma fórmula para encontrar o módulo de ruptura que considera a relação tensão-deformação do concreto linear na totalidade da seção transversal do corpo de prova. Pois, em ensaios de tração direta toda seção é submetida à tensão aplicada, mas no ensaio de tração na flexão essas tensões se concentram em um volume menor localizado na parte inferior do corpo de prova (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

O módulo de ruptura para o cálculo de resistência à flexão é calculado a partir da Equação 3, quando a ruptura na parte tracionada fica localizada no terço médio do comprimento do vão. Se a ruptura ficar localizada fora deste terço médio, sendo inferior a 5% da distância do comprimento do vão, que neste caso é 250mm, então se utiliza a Equação 4.

$$R = \frac{PL}{bd^2} \quad \text{Equação 3}$$

$$R = \frac{3Pa}{bd^2} \quad \text{Equação 4}$$

Onde:

R = módulo de ruptura;

P = carga máxima;

L = comprimento do vão;

b = largura do corpo de prova;

d = altura do corpo de prova;

a = distância média entre a linha de ruptura e o apoio mais próximo medido na superfície de tração da viga.

3.5.2.2 Recuperação de estanqueidade: velocidade de propagação de onda ultrassônica

O ensaio de velocidade de propagação de onda ultrassônica, é realizado com auxílio de um aparelho que gera um pulso de vibrações em uma frequência ultrassônica a qual é transmitida por um transdutor, considerado o emissor, que é mantido em contato com a face de análise do concreto. Essas vibrações passam pelo concreto e são recebidas em outro transdutor, considerado o receptor. O equipamento registra o tempo gasto pelo pulso para percorrer a

distância entre os transdutores, com precisão de $\pm 0,1$ microssegundo, com essa distância se calcula a velocidade de propagação (NEVILLE, 2013).

Este ensaio é uma técnica importante para detectar a ocorrência de fissuras e o grau de dano causado (ZHONG; YAO, 2008). Para a análise de autocicatrização de fissuras, o método de medir a velocidade de propagação de onda ultrassônica no concreto é bem difundido. Algumas pesquisas relatam o bom desempenho deste ensaio com a finalidade de verificar a autocicatrização (ABDEL-JAWAD et al., 2005; ABD-ELMOATY, 2011). Há relação entre o aumento de danos na matriz cimentícia e o decréscimo na velocidade do pulso ultrassônico, já que a matriz danificada tende a ter mais volume de vazios internos, o que aumenta o tempo de caminho da onda no interior da massa. Isso se evidencia no método de transmissão ultrassônica.

O aumento da velocidade pode estar associado à melhora na matriz cimentícia devido ao ganho de resistência em função da contínua hidratação, mas também associada à recuperação dos danos, quando a fissura é selada, as ondas serão capazes de passar por esse produto gerado e o tempo do percurso será reduzido, podendo a integridade ser consolidada com o tempo. O aumento da idade dos concretos também é um fator que influencia neste ensaio, pois com a contínua hidratação do cimento, há redução da porosidade e possível colmatação dos poros, aumentando, assim, a velocidade de propagação de onda no concreto (ZHONG; YAO, 2008).

Segundo Mehta e Monteiro (2014), as condições de umidade também afetam a velocidade de propagação de onda ultrassônica, visto que em condições saturadas há um incremento nos dados coletados. Diante desse fato, optou-se por realizar as medidas nos corpos de prova com padronização do dia de medição a fim de evitar a variação da condição interna de saturação ao longo do ciclo. E como forma de verificar essa situação os corpos de prova foram avaliados pela variação de massa durante dois ciclos consecutivos para demonstrar a constância de variação na saturação dos corpos de prova.

O ensaio não destrutivo de velocidade de propagação de ondas ultrassônicas foi realizado de acordo com o recomendado pela NBR 8802 (ABNT, 2013). O equipamento utilizado possui transdutores de 28 mm de diâmetro e frequência de 150 kHz. O processo consiste em aplicar o gel nos transdutores, colocados sobre a superfície do corpo de prova nas posições pré-determinadas.

A emissão do pulso ultrassônico pode ser feita de maneira direta ou indireta. A transmissão direta permite maior sensibilidade e precisão de leitura, visto que o transdutor emissor emite ondas longitudinais que são recebidas pelo transdutor receptor, localizado na outra face do concreto direcionado ao emissor. Já na transmissão indireta são emitidas ondas transversais e superficiais, que tem uma energia menor que as ondas longitudinais, reduzindo a precisão neste tipo de execução (NEVILLE, 2013).

A análise direta foi realizada nos prismas para análises de autocicatrização de fissuras, nos quais foram executadas três medidas por corpo de prova, alinhadas e perpendiculares à direção da fissura. Para que fossem sempre no mesmo ponto, foi desenvolvido um aparato para acoplar os prismas, o qual foi elaborado em compensado naval de 6mm, recortado conforme as dimensões necessárias, com corte a laser, realizado no Laboratório de Inovação e Fabricação Digital da Escola de Engenharia (LIFELAB), na Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Os prismas eram inseridos neste aparato e recebiam uma marcação na primeira leitura para que o sentido fosse mantido o mesmo para as demais leituras realizadas para acompanhamento do fenômeno de autocicatrização.

Nesses corpos de prova foi realizado, uma leitura pré-fissuração e outra pós-fissuração na data de abertura de fissuras, e na sequência foram realizadas medidas de acompanhamento, sendo uma leitura a cada ciclo, padronizada no 12º dia do período de secagem, antecedendo o dia de imersão (Figura 27).

Figura 27 – Ensaio de velocidade de pulso ultrassônico com análise direta (a) representação gráfica de aparato com prisma inserido e orientação demarcada; (b) registro fotográfico do desenvolvimento do ensaio



(fonte: Grupo autocicatrização LAMTAC/NORIE/UFRGS)

Na decorrência de análise dos resultados notou-se variabilidade nas leituras ao longo do acompanhamento em cada ciclo, devido provavelmente à variação existente da umidade interna na câmara de ciclagem, alterada conforme o enchimento com água ou secagem dos recipientes inseridos na câmara para realizar os ciclos, assim compreendeu-se a necessidade de acompanhar por mais tempo. Dessa forma, para eliminar a variável umidade de saturação dos corpos de prova, a cada medição executada perpendicular à fissura, realizou-se também a medição em uma das laterais dos corpos de prova, no sentido paralelo à fissura. O objetivo dessa medida é conhecer a velocidade de propagação da onda ultrassônica no corpo de prova íntegro, sem passar com a onda pela parte danificada.

A princípio, a realização do ensaio para acompanhamento deveria ter sido executada somente até as amostras completarem 91 dias de inserção no ciclo de molhagem e secagem. No entanto, as amostras foram mantidas em procedimento de análise até o limite de tempo definido para finalização do trabalho. Assim, para algumas combinações, como no caso dos cimentos CPIV e CPV para a idade de 3 dias de abertura de fissuras, o acompanhamento decorreu até os 182 dias, com a finalidade de conseguir adquirir três ciclos de leitura, obtendo-se também os dados referentes à velocidade da amostra íntegra, medida na lateral dos corpos de prova.

A leitura da parte íntegra, portanto, consistiu em demarcar uma lateral do corpo de prova, e com auxílio de uma fôrma confeccionada em compensado naval, coletaram-se as medidas de tempo de propagação de onda ultrassônica referentes a três pontos espaçados 2 cm entre si, conforme (Figura 28). Com as medidas realizadas com o paquímetro foi possível calcular a velocidade de propagação de onda ultrassônica na parte íntegra.

Figura 28 – Ensaio de velocidade de pulso ultrassônico com análise direta na parte íntegra (a) representação gráfica de aparato com prisma inserido; (b) registro fotográfico do desenvolvimento do ensaio



(fonte: Grupo autocatrização LAMTAC/NORIE/UFRGS)

Em ambos os métodos de coleta de dados, obtém-se o tempo de passagem de onda ultrassônica pela distância, diretamente em relação aos transdutores, com as medidas entre os transdutores calcula-se a velocidade de propagação de onda ultrassônica por meio da divisão da distância pelo tempo. A velocidade do corpo de prova íntegro pré-fissuração foi definida como os 100%, e após a abertura de fissura, a porcentagem reduzida é calculada. A velocidade de propagação de onda ultrassônica nas idades de acompanhamento pós-fissuração em relação ao 100% inicial, indica o quanto o corpo de prova se manteve inalterado em relação ao inicial. Portanto, o dado indireto adquirido em decorrência da divisão da velocidade pós-fissuração dividida pela velocidade pré-fissuração significa o dano causado pela abertura da fissura, ou seja, o quanto de íntegro ainda resta para a passagem da onda ultrassônica. O cálculo para adquirir a porcentagem de velocidade em relação ao estado inicial segue na equação 5.

$$P_{t0}(\%) = \frac{V_{ti}}{V_{t0}} \quad \text{Equação 5}$$

Onde:

P_{t0} = porcentagem de velocidade em relação ao íntegro inicial (%);

V_{ti} = velocidade de propagação de onda ultrassônica pós-fissuração, nas idades de acompanhamento;

V_{t0} = velocidade de propagação de onda ultrassônica pré-fissuração, no tempo zero.

Nas idades que foram coletados ambos os dados, tanto da amostra fissurada quanto da amostra na lateral íntegra, foram adquiridas as porcentagens de velocidade em relação à velocidade dos mesmos pontos iniciais. Somente para os pontos de coleta na lateral íntegra não havia a leitura do mesmo ponto no tempo zero (pré-fissuração), devido ao método ser elaborado posteriormente. Dessa forma, se considerou para o cálculo da porcentagem em relação à lateral íntegra, a velocidade média adquirida para a amostra no tempo zero.

Obter a velocidade na lateral do corpo de prova sem passar pela fissura, considerando a situação íntegra, é bem importante, visto que se desconta, assim, a parcela referente à situação de saturação do corpo de prova, a parcela referente à hidratação e inclusive as condições reais do concreto devido aos processos de lixiviação. Dessa forma, é possível separar o que se

obtem de fechamento das fissuras por fenômenos de autocicatrização do que é hidratação da matriz cimentícia com a densificação, ou ainda pelo aumento da porosidade devido à lixiviação dos produtos inseridos na matriz.

Assim, a porcentagem calculada de forma indireta por meio da velocidade de propagação em cada ponto medido pós-fissuração em relação à velocidade de propagação pré-fissuração no tempo zero foi dividida pela porcentagem da velocidade de propagação da medida íntegra coletada na lateral do corpo de prova, na mesma idade, também calculada em relação à condição pré-fissuração, assim como na Equação 5. Por fim, obtém-se a taxa de autocicatrização (T_a) de acordo com a Equação 6, na qual o dado se refere à condição inalterada em relação ao íntegro, mas a diferença de T_a do tempo zero para as demais idades de coleta representa o quanto se adquire de melhoria por processos de autocicatrização.

$$T_a(\%) = \frac{T_f}{T_i} \quad \text{Equação 6}$$

Onde:

T_a = taxa de autocicatrização (%);

T_f = taxa de fechamento da fissura em relação a condição inicial (%);

T_i = taxa da condição íntegra em relação a condição inicial (%).

3.5.2.3 Visualização e determinação da autocicatrização: microscopia ótica

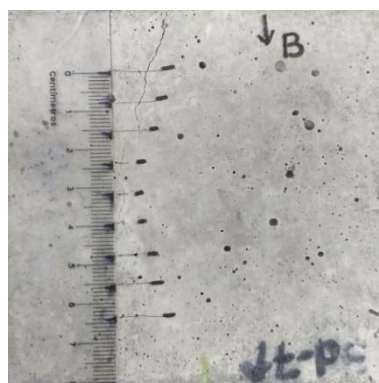
A avaliação das espessuras das fissuras foi realizada de maneira diferenciada para cada tipo de prisma confeccionado, sendo por registro fotográfico com graduação com auxílio de régua metálica para os prismas destinados à recuperação das propriedades mecânicas, e por medição em imagens de microscopia ótica nos demais prismas (100x100x50)mm.

Para realização do ensaio foi utilizado o microscópio ótico Zeiss Stemi 508, com ampliação entre 2x e 250x, do Laboratório de Materiais e Tecnologia do Ambiente Construído (LAMTAC/NORIE), na Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Segundo Bertolini (2010), a análise por microscopia permite verificar com maior quantidade de detalhes as informações, que muitas vezes podem ser determinantes para compreender os resultados das pesquisas.

A microscopia ótica tem o intuito de analisar a autocicatrização das fissuras qualitativamente ao longo do tempo, no entanto, nessa pesquisa este método também foi utilizado para análise quantitativa por meio da análise de imagens. A microscopia foi utilizada em dois momentos, sendo o primeiro para medição das fissuras desenvolvidas nos prismas para análises de autocicatrização de fissuras, como já descrito no item 3.4.6, e o segundo para acompanhamento do fechamento da fissura.

Para medição das fissuras no momento de abertura das mesmas, determinou-se a metodologia baseada no trabalho de MAES et al. (2016), os quais moldaram cilindros de argamassa de 50mm de altura por 100mm de diâmetro, abriram as fissuras com LVDT para controle das espessuras que se enquadravam entre 0,1 e 0,3mm, e utilizaram a microscopia ótica para medição. Foram medidos 30 pontos em cada lado da amostra, sendo a fissura dividida em 10 zonas com 3 pontos de leitura em cada zona. Nesse trabalho optou-se por demarcar oito zonas de 8mm de espessura, com avaliação de quatro pontos por zona, totalizando 32 pontos de análise em uma das faces de cada amostra, totalizando duas amostras por combinação. A área foi demarcada excluindo as bordas do corpo de prova e centralizando as zonas de análise sobre o corpo de prova, como pode ser observado na Figura 29.

Figura 29 – Demarcação de oito zonas para análise de espessura de fissuras



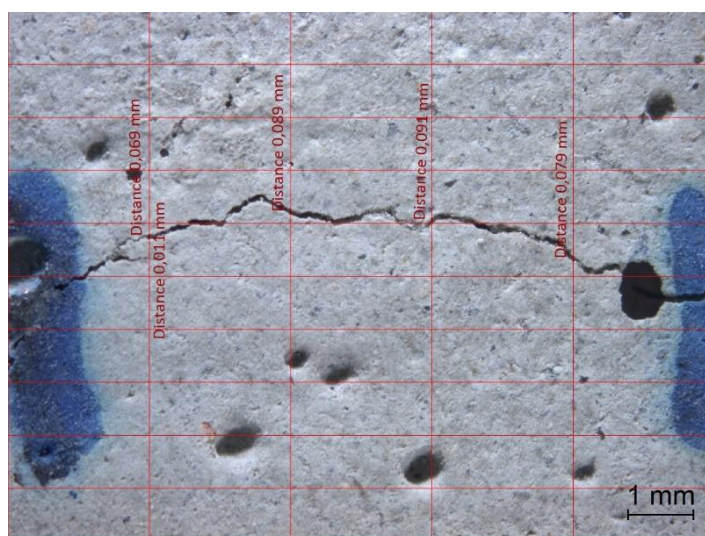
(fonte: própria da autora)

A opção de escolher apenas uma das faces e não as duas para as medições, como no trabalho desenvolvido por MAES et al. (2016), foi devido à existência de algumas irregularidades superficiais no topo da amostra no sentido da moldagem, sendo o mesmo lado colocado na direção normal de aplicação de carga, no momento de abertura de fissuras. Essas irregularidades ocasionaram a concentração de carga em uma das laterais do topo de aplicação da carga o que provocou, em alguns casos, o aparecimento da fissura em apenas uma das

faces da amostra. Assim, não seria possível, em muitos exemplares, ter a medição em ambas as faces, podendo influenciar na distorção da coleta de dados.

Dessa forma, se utilizou para conhecimento das espessuras encontradas nesse trabalho para cada combinação a quantificação dos pontos coletados em uma única face de cada amostra ensaiada. As imagens foram extraídas com ampliação de 2x na resolução de 0,65x, apresentando escala de 0,1mm nas imagens. Sobre a imagem, foi colocado uma malha dividida em cinco vezes para que as quatro leituras fossem realizadas sempre com espaçamentos semelhantes. Às vezes era necessário deslocar a leitura da malha quando havia a presença de poros ou imperfeições incomuns, como quebras, no local a ser retirada a medida. Nesses casos, a leitura era realizada deslocada para a esquerda até o ponto possível para análise (Figura 30). Essa metodologia permite adquirir a média de espessuras de fissuras encontradas para cada combinação, além das espessuras máximas e mínimas que auxiliarão na análise dos resultados obtidos para justificar a ocorrência do fenômeno de autocicatrização.

Figura 30 – Exemplo de medições de espessuras de fissuras realizadas com microscopia ótica

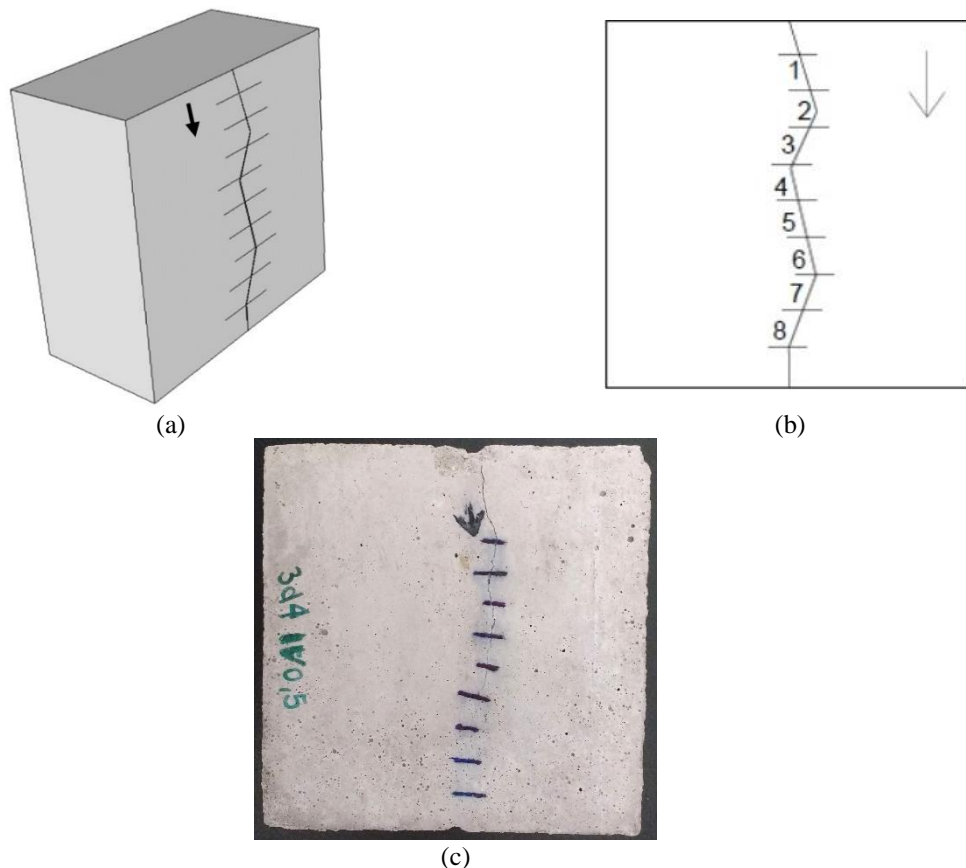


(fonte: própria da autora)

Essa medição serve para comparação com os resultados obtidos no ensaio de velocidade de propagação de onda ultrassônica, visto que, para menores espessuras de fissuras, há maior probabilidade do fechamento das mesmas. Apesar de nesta técnica haver a limitação de visualização apenas na superfície, sem qualquer conhecimento do fechamento no interior da fissura, ressaltando a necessidade de associação dos ensaios.

Além das medições realizadas logo após abertura das fissuras, eram escolhidas duas amostras de cada combinação para realizar acompanhamento por imagem de microscopia ótica. Essas duas amostras eram escolhidas por apresentarem visualmente fissuras mais homogêneas, lineares e com espessuras inferiores a 0,4mm em toda extensão medidas com auxílio do microscópio ótico. Esses registros foram realizados logo após a abertura da fissura. Neste momento eram demarcados os intervalos de registro para compilação futura das imagens. Foram pré-determinados oito intervalos espaçados em 8mm entre si ao longo da fissura, como representado na Figura 31. Ao realizar as marcações nos corpos de provas, cuidou-se para englobar desde a fissura com mínima abertura até a extremidade com maior abertura, muitas vezes não estando centralizado na face como nas demarcações executadas para conhecimento das espessuras, as quais foram efetivadas em todos os corpos de prova e descrito anteriormente.

Figura 31 – Metodologia de acompanhamento de aut cicatrização por microscopia ótica (a) representação esquemática; (b) representação esquemática com descrição da quantidade de imagens registradas; (c) registro fotográfico de amostra do programa experimental com sinalizações para microscopia ótica



(fonte: Grupo aut cicatrização LAMTAC/ NORIE/UFRGS)

Além do registro logo após abertura de fissuras, essas amostras foram acompanhadas ao longo dos 91 dias sujeitas aos ciclos de molhagem e secagem, sendo realizada uma análise a cada início de ciclo, ou seja, sempre um dia antes dos corpos de prova serem imergidos. Tem-se como objetivo do acompanhamento da autocicatrização por microscopia ótica verificar qualitativamente e quantitativamente o fechamento das fissuras ao longo do tempo.

A coleta de imagens foi realizada a cada ciclo, geraram-se cerca de 2500 imagens ao longo do trabalho. Portanto, o método era aplicado a cada 14 dias, para as 18 combinações, com duas amostras por combinação, e oito imagens mínimas por amostra, visto que quando se observava algo mais específico extraía-se também amostras com maior resolução para melhor visualização dos detalhes.

Devido à grande quantidade de imagens geradas, optou-se por apresentar nos resultados apenas três sequências de imagens do corpo de prova que proporcionou melhor visualização de detalhes e o outro corpo de prova para cada combinação consta no Apêndice E. Assim, será dada maior ênfase em imagens específicas para cada combinação. As imagens são apresentadas compiladas de acordo com o descrito na metodologia, em oito zonas previamente demarcadas, com ampliação de 2x na resolução de 0,65x, na idade de: registro após abertura de fissura (0 dias), registro do primeiro ciclo (14 dias) e registro de fim de análise, após os 91 dias de acompanhamento.

Para melhor entendimento dos resultados, as amostras foram identificadas pela combinação: idade de coleta de imagem_dias/tipo de cimento/relação água/cimento/idade de abertura de fissura. Por exemplo, para a imagem coletada aos 14 dias (primeiro ciclo) do cimento CII-F para a relação água/cimento 0,30 com idade de abertura de fissuras aos 3 dias, tem-se a denominação como: 14dias/CII-F/0,30/3. Além disso, a numeração apresentada sobre a compilação das imagens se refere à identificação da zona de coleta que vai de 1 a 8. A numeração das zonas é apresentada para facilitar a correlação e visualização quando demonstradas imagens de detalhes posteriormente, as quais farão menção a trechos específicos das imagens compiladas. As imagens serão apresentadas na sequência separadas por tipo de cimento analisado, para as três relações água/cimento condizentes e as duas idades de abertura de fissuras.

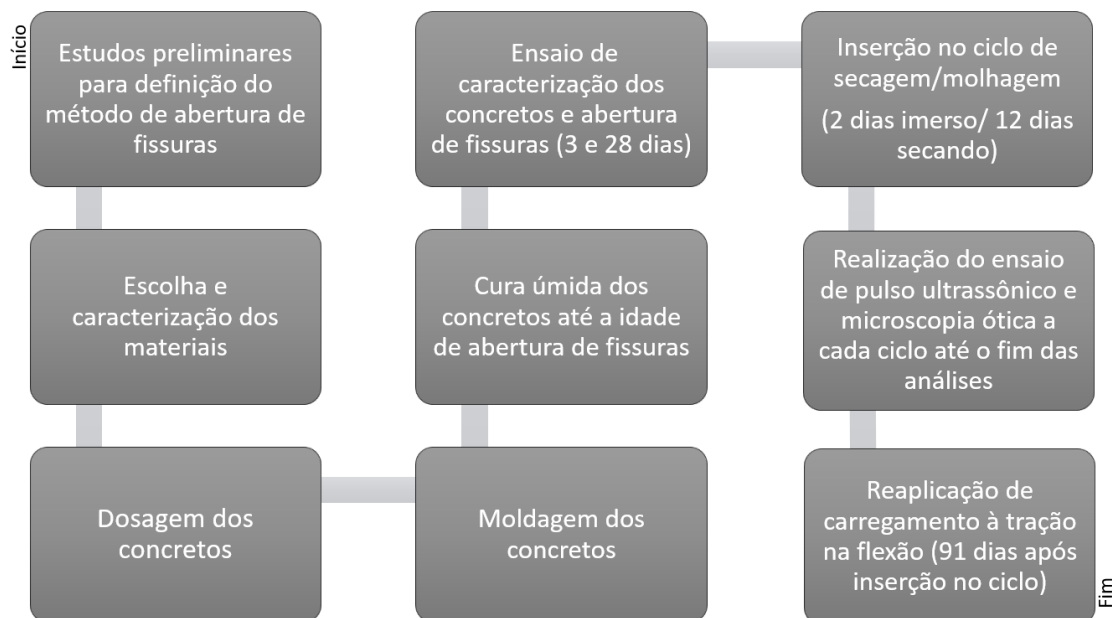
A análise qualitativa ocorre por verificação visual de possíveis pontos de fechamento das fissuras na idade inicial de abertura das fissuras, e após 14, final do primeiro ciclo de molhagem e secagem, e 91 dias, data determinada como fim de análise para este trabalho.

A análise quantitativa foi realizada de acordo com a mesma metodologia descrita para conhecimento das espessuras trabalhadas, descrita anteriormente pela coleta de 32 pontos nas oito zonas demarcadas ao longo da fissura, no entanto, essa mesma medição se repetiu aos 14 e 91 dias. Os pontos que tiverem suas espessuras reduzidas pelo processo de autocicatrização ou totalmente seladas entraram como valores nulos ou inferiores à medida de abertura de fissura, o que resultaria em uma média de espessura inferior ao longo do tempo.

Essa redução da média de espessura de fissuras permite que seja calculada a taxa de fechamento da fissura por análise de imagens. Essa taxa é a diferença entre a espessura média inicial a partir de 32 pontos medidos, comparada à média das espessuras nas idades posteriores, determinadas nesse trabalho aos 14 dias, final do primeiro ciclo de molhagem e secagem, e aos 91 dias, idade determinada como final de análise neste trabalho, completando seis ciclos e meio a partir da idade da abertura de fissuras. Essa metodologia de cálculo para taxa de fechamento das fissuras, segundo MAES et al. (2016), permite perceber, ao longo do tempo, a redução da média de espessuras, comprovando o fenômeno de autocicatrização.

Para melhor entendimento do processo de desenvolvimento do programa experimental, foi elaborado um fluxograma que esquematiza o processo, desde a escolha dos materiais até os ensaios realizados de maneira simplificada (Figura 32).

Figura 32 – Fluxograma esquemático do processo de pesquisa



(fonte: própria da autora)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste item serão apresentados os resultados encontrados nesta pesquisa para as caracterizações dos concretos nas idades de abertura de fissuras por meio do ensaio de resistência a compressão axial. Assim como, os ensaios para verificação da potencialidade de aut cicatrização de fissuras, com o uso de três diferentes tipos de cimentos, tais como: resistência à tração na flexão para verificação de recuperação das propriedades mecânicas, velocidade de propagação de onda ultrassônica para recuperação de estanqueidade e microscopia ótica para visualização e determinação da taxa de aut cicatrização.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS CONCRETOS

O ensaio de resistência à compressão dos concretos foi executado somente nas datas semelhantes às das aberturas das fissuras, como descrito na metodologia desse trabalho, aos 3 e 28 dias, e os valores obtidos estão apresentados no Apêndice A. Na Tabela 9, estão apresentados os resultados obtidos para as resistências à compressão axial na idade de 3 dias, para os diferentes tipos de cimento, sendo apresentada separadamente para cada relação água/cimento: 0,30; 0,40 e 0,50. Pode ser observado que todos os cimentos tiveram reduções nas resistências para a relação a/c 0,50 comparado às relações a/c menores.

Tabela 9 – Resistência à compressão aos 3 dias

Tipos de concretos	Relação a/c	Resistência média (MPa)	DP (MPa)	CV (%)
CPII-F	0,30	40,94	2,24	5,47
	0,40	28,98	1,65	5,70
	0,50	21,34	1,17	5,50
CPIV	0,30	29,79	0,54	1,83
	0,40	20,43	1,11	5,42
	0,50	13,61	0,38	2,81
CPV	0,30	46,40	0,74	1,60
	0,40	32,53	1,97	6,06
	0,50	21,37	1,48	6,92

DP: Desvio padrão; CV: Coeficiente de variação

(fonte: própria da autora)

Os resultados do ensaio de resistência à compressão aos 28 dias de idade são apresentados na Tabela 10. Nota-se incremento de resistência em relação aos 3 dias, como era esperado, sendo menos evidente para a relação água/cimento de 0,50, podendo ser visualizado na Figura 33.

Além de maior variação encontrada para as relações água/cimento menores, exceto para o cimento CPIV.

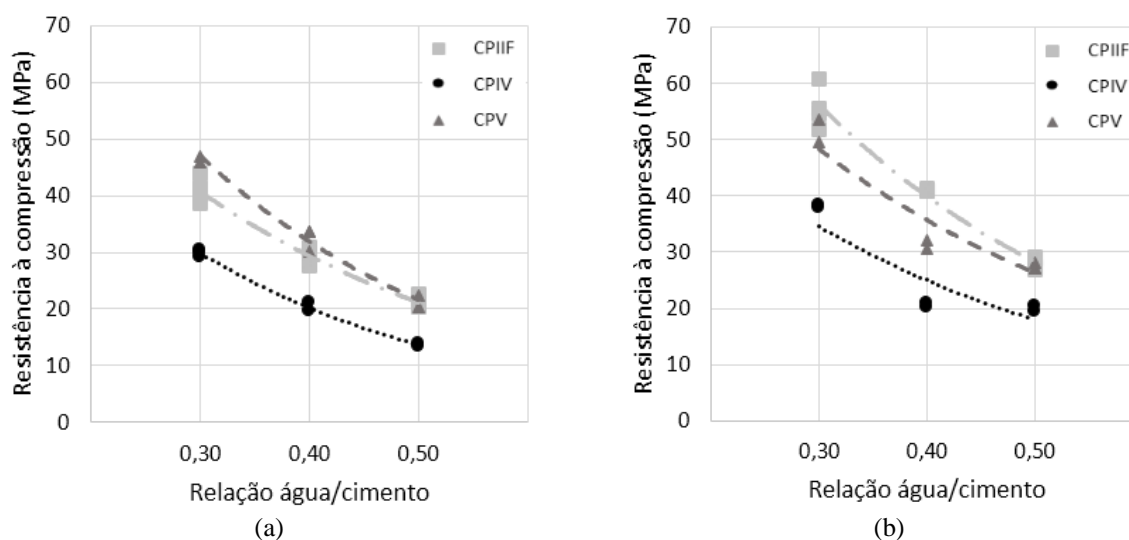
Tabela 10 – Resistência à compressão aos 28 dias

Tipos de concretos	Relação a/c	Resistência média (MPa)	DP (MPa)	CV (%)
CPII-F	0,30	55,73	3,73	6,69
	0,40	41,09	0,32	0,79
	0,50	28,06	1,11	3,95
CPIV	0,30	38,14	0,32	0,83
	0,40	20,54	0,55	2,69
	0,50	19,90	0,58	2,93
CPV	0,30	51,53	2,71	5,26
	0,40	31,38	1,02	3,25
	0,50	27,55	0,53	1,92

DP: Desvio padrão; CV: Coeficiente de variação.

(fonte: própria da autora)

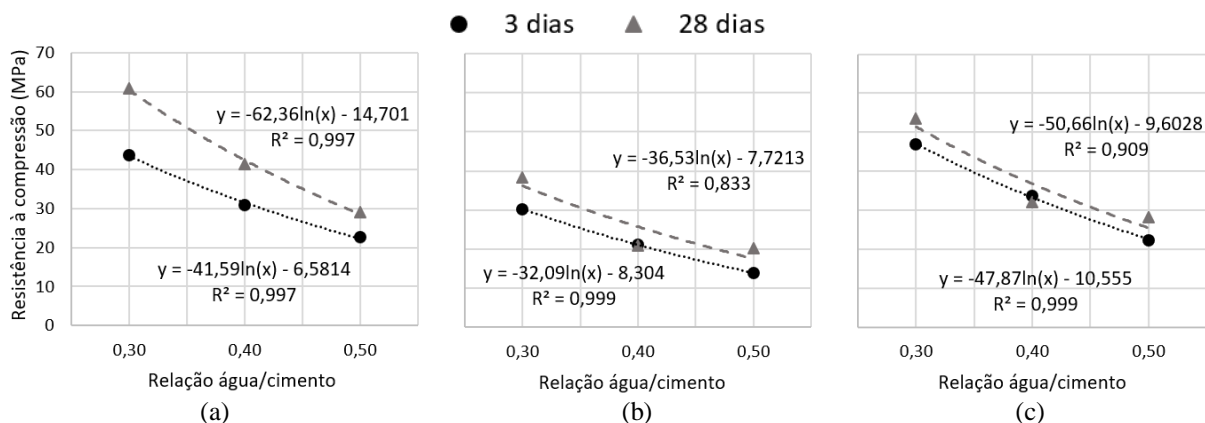
Figura 33 – Resistências à compressão para os três cimentos: CPII-F, CPIV e CPV, em três relações água/cimento nas duas idades de aberturas de fissuras (a) 3 dias; (b) 28 dias



(fonte: própria da autora)

Na Figura 34 estão apresentados os resultados encontrados para as resistências à compressão potenciais para os diferentes tipos de cimento, em três relações água/cimento, com a apresentação de linhas de tendência para equações logarítmicas. Em todos os casos os R^2 , fator que contribui para demonstrar confiabilidade de ajuste de curva, estão próximos ao valor igual a 1 (um), demonstrando ajuste adequado para as resistências à compressão nos diferentes casos analisados.

Figura 34 – Resistência à compressão potencial dos cimentos nas idades de 3 e 28 dias para três relações água/cimento (a) CII-F; (b) CII-V; (c) CPV



(fonte: própria da autora)

Nota-se, por meio da análise da Figura 34, que os concretos apresentaram comportamento esperado, visto que todos tiveram redução da resistência à compressão quando há o aumento da relação água/cimento. Além disso, houve também incremento da resistência nos concretos com idade de ensaio de 28 dias, comparados à idade de 3 dias.

Como já mencionado, uma característica que influencia nas reações de hidratação é a maior finura das partículas de cimentos que contribuem para o ganho acelerado de resistência do concreto, pois pela maior área superficial há consequente aumento na taxa de hidratação (DESHPANDE et al., 2007). Essa justificativa é válida quando se comparam as áreas superficiais dos cimentos utilizados, e percebe-se que o CPV possui maior área superficial e com isso maiores resistências nas primeiras idades, além do fato de ser o cimento Portland com maior quantidade de clínquer e de C_3S na sua composição, fase de constituição do clínquer com potencial para atingir resistência nas primeiras idades. Dessa forma, possuindo três características que contribuem com a alta resistência inicial. Já o cimento Portland pozolânico (CPIV) tem um ganho de resistência lento (MEHTA; MONTEIRO, 2014; NEVILLE, 2016).

O aumento da resistência potencial para o cimento CII-F em relação aos demais pode estar relacionado ao efeito fíler devido à composição deste cimento, o qual pode contribuir para o fechamento dos vazios e densificação da matriz cimentícia. Além disso, pode ter funcionado como um ativador da hidratação do cimento, contribuindo para o aumento de pontos de nucleação e com isso beneficiando a melhora na microestrutura da matriz (LI et al., 2004).

Nota-se, pela Figura 34c, que a curva de resistência potencial aos 28 dias para o cimento CPV dista em menores valores da curva da resistência potencial aos 3 dias para o mesmo cimento. No entanto, quando se observa esse comportamento para o CII-F (Figura 34a) e para o CIII (Figura 34b), a diferença entre as curvas nas idades de ensaio tem maior distanciamento. Já o incremento da resistência em cimentos compostos é mais notório.

Outro fator importante a se observar (Figura 34) é que para maiores relações água/cimento, independente do cimento analisado, a diferença entre as resistências potenciais obtidas para a idade de 3 dias é bem próxima da obtida aos 28 dias. Já quando se observa a menor relação água/cimento, essa diferença entre as idades de ensaio é mais discrepante.

4.2 TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO PARA A AUTOCICATRIZAÇÃO

Neste item serão apresentados os resultados referentes às técnicas utilizadas para a avaliação da autocicatrização dos concretos confeccionados com diferentes tipos de cimentos, tais como: recuperação das propriedades mecânicas pelo ensaio de flexão em quatro pontos, recuperação da estanqueidade pelo método de velocidade de propagação de onda ultrassônica e visualização e determinação da taxa de autocicatrização por análise de imagens com microscopia ótica.

No entanto, para caracterização das espessuras de fissuras trabalhadas em cada tipo de prisma confeccionado, será apresentado esse detalhamento antecedendo as demais análises, para compreender com maior clareza os resultados obtidos nas técnicas de avaliação para autocicatrização escolhidas neste trabalho.

4.2.1 Espessura de fissuras

Nos itens seguintes, serão apresentadas essas caracterizações obtidas para cada tipo de corpo de prova, tipo de cimento, idade de abertura de fissura e relação água/cimento. Esta análise das dimensões de fissuras obtidas é importante para compreender os resultados obtidos de autocicatrização, assim como, explicar situações evidenciadas.

4.2.2.1 Prismas para recuperação das propriedades mecânicas

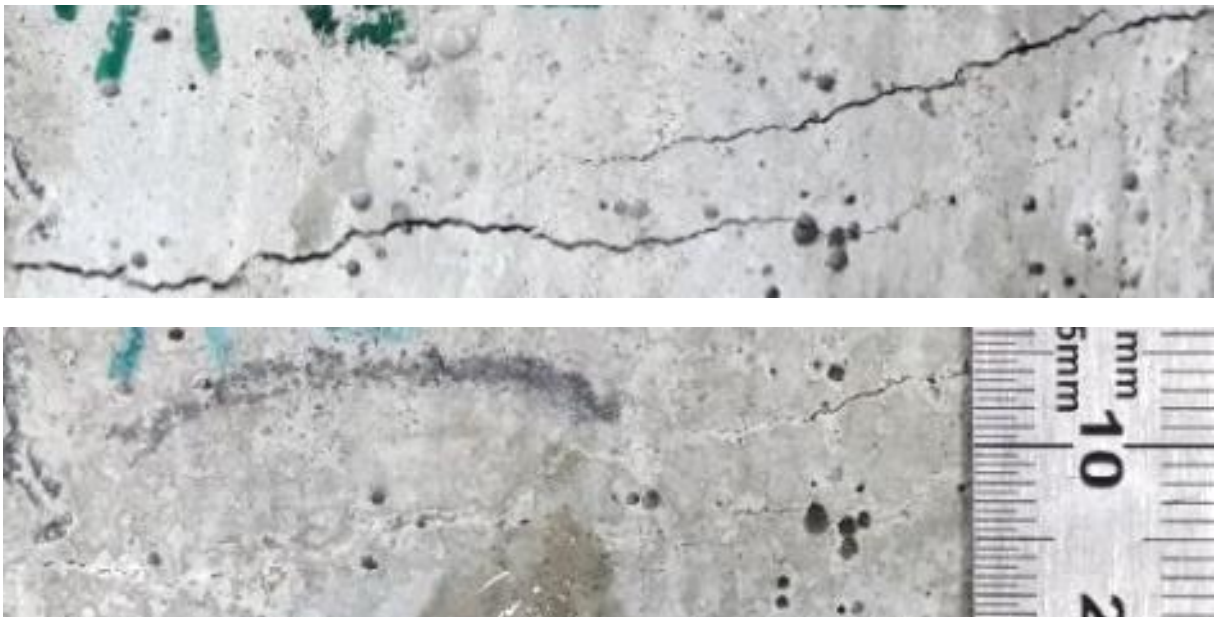
As espessuras apresentadas nesta situação podem não ter relação real com o que se espera, ou seja, para relações a/c menores as fissuras tendem a ser mais espessas do que para relações

maiores. No entanto, em alguns casos, as medições não demonstraram isso. O fato se deve ao desenvolvimento do ensaio, pois durante o carregamento dos corpos de prova, a quantidade de corpos de prova rompidos totalmente para relações a/c menores foi bem superior do que para relações a/c maiores. Visto que concretos com maiores resistências, devido a menores relações a/c, tendem a se comportar de maneira diferente quando submetidos a esforços mecânicos, pois têm maior capacidade de absorver energia, mas ao chegarem no limite de energia absorvida suportada dissipam essa de maneira mais rápida e com maior influência na matriz. Dessa forma, devido à alta energia dissipada para os concretos mais resistentes, em muitos casos a matriz não tem capacidade de suportar o grande esforço gerado, rompendo por completo a seção transversal de concentração de cargas à tração na flexão.

Para os concretos confeccionados com o cimento CII-F, as espessuras das fissuras na idade de abertura de fissuras aos 3 dias variaram de 0,5 a 2mm para a relação água/cimento (a/c) 0,30; 0,3 a 1,2mm para a relação a/c 0,40 e de 0,2 a 1mm para a relação a/c 0,50. Já aos 28 dias de idade de abertura as fissuras variaram de 0,5 a 1,5mm para a relação a/c 0,30; 0,5 a 1mm para a relação a/c 0,40 e de 0,2 a 1mm para a relação a/c 0,50.

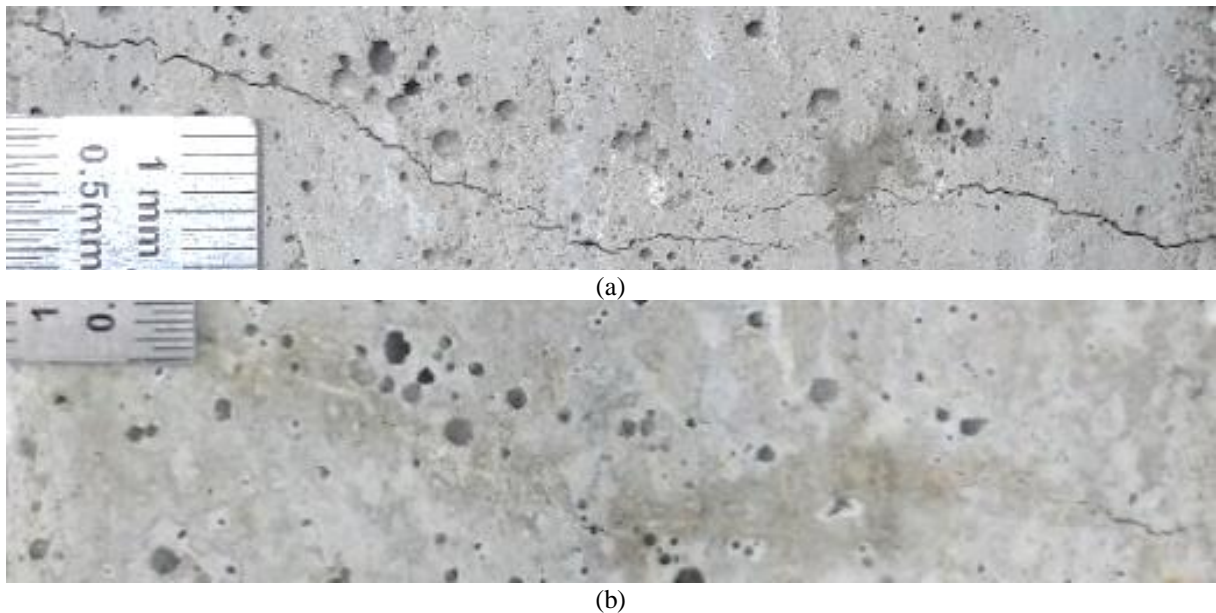
Na Figura 35 e 36 estão ilustradas diferentes amostras com o cimento CII-F para a relação a/c 0,50, pós-fissuração aos 3 dias (Figura 35a e 36a), e no momento de final de ensaio aos 91 dias (Figura 35b e 36b). Nota-se nestas imagens a formação de produtos de autocicatrização ao longo da fissura de cor esbranquiçada, com fechamento da espessura nos trechos observados, possivelmente sendo resultado da carbonatação do hidróxido de cálcio lixiviado da matriz cimentícia (YANG et al., 2009; QIAN et al., 2010; SISOMPHON et al., 2012; DE ROOIJ et al., 2013; HUANG et al., 2016, entre outros).

Figura 35 – Registro fotográfico fissura no concreto com cimento CII-F, relação a/c 0,50 e 3 dias de idade de abertura de fissura (a) 0 dias; (b) 91 dias



(fonte: própria da autora)

Figura 36 – Registro fotográfico fissura no concreto com cimento CII-F, relação a/c 0,50 e 3 dias de idade de abertura de fissura (a) 0 dias; (b) 91 dias

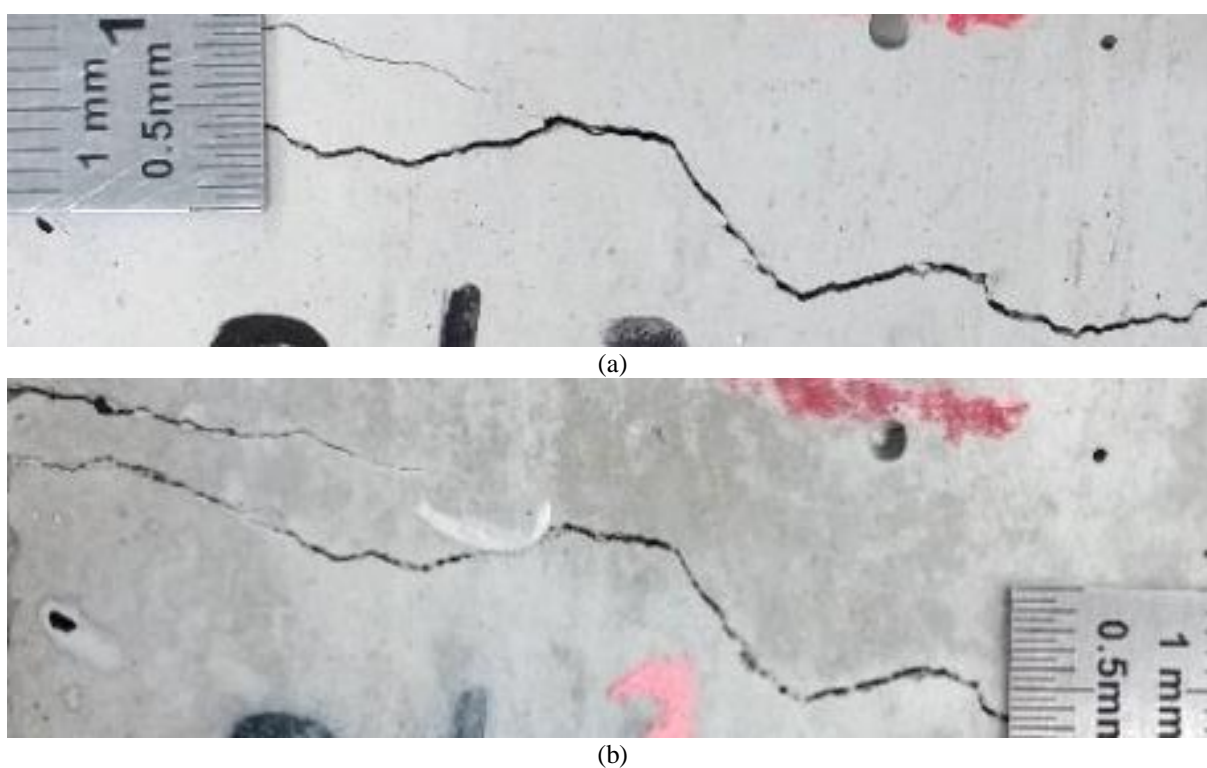


(fonte: própria da autora)

Para os concretos confeccionados com o cimento CII-F, as espessuras das fissuras na idade de abertura de fissuras aos 3 dias variaram de 0,2 a 0,8mm para a relação a/c 0,30; 0,2 a 0,8mm para a relação a/c 0,40 e de 0,1 a 0,6mm para a relação a/c 0,50. Já aos 28 dias de idade de

abertura as fissuras variaram de 0,5 a 1,2mm para a relação a/c 0,30; 0,3 a 1mm para a relação a/c 0,40 e de 0,2 a 0,8mm para a relação a/c 0,50. Na Figura 38 está ilustrada uma amostra com o cimento CPIV para a relação a/c 0,30, pós-fissuração aos 3 dias (Figura 37a), e no momento de final de ensaio aos 91 dias (Figura 37b). Não é possível observar fechamento completo da fissura, no entanto, nota-se a formação de cristais no interior com cor esbranquiçada (YANG et al., 2009; QIAN et al., 2010; SISOMPHON et al., 2012; DE ROOIJ et al., 2013; HUANG et al., 2016, entre outros).

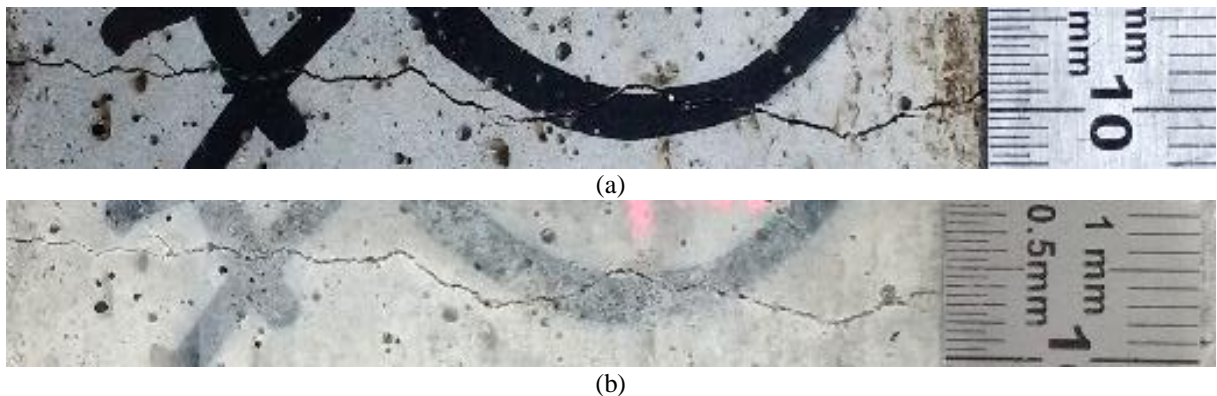
Figura 37 – Registro fotográfico fissura no concreto com cimento CPIV, relação a/c 0,30 e 3 dias de idade de abertura de fissura (a) 0 dias; (b) 91 dias



(fonte: própria da autora)

Na Figura 38, está ilustrada uma amostra com o cimento CPIV para a relação a/c 0,50, pós-fissuração aos 3 dias (Figura 38a), e no momento de final de ensaio aos 91 dias (Figura 38b). Nesta é possível observar o fechamento total da espessura da fissura, com a formação de produtos de autocicatrização ao longo da mesma.

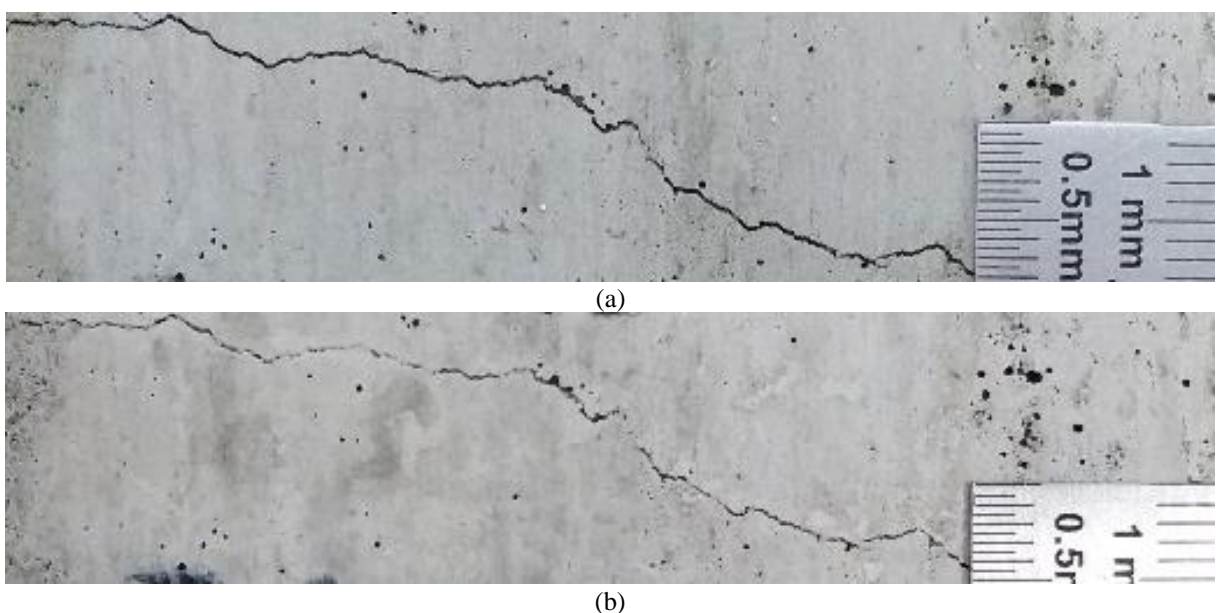
Figura 38 – Registro fotográfico fissura no concreto com cimento CPIV, relação a/c 0,50 e 3 dias de idade de abertura de fissura (a) 0 dias; (b) 91 dias



(fonte: própria da autora)

Para os concretos confeccionados com o cimento CPV, as espessuras das fissuras na idade de abertura de fissuras aos 3 dias variaram de 1 a 2mm para a relação a/c 0,30; 0,5 a 1mm para a relação a/c 0,40 e de 0,2 a 1mm para a relação a/c 0,50. Já aos 28 dias de idade de abertura as fissuras variaram de 0,5 a 0,8mm para a relação a/c 0,30; 0,5 a 1,5mm para a relação a/c 0,40 e de 0,3 a 1mm para a relação a/c 0,50. Pode-se perceber, por análise visual, a formação de produtos de autocicatrização na fissura demonstrada na Figura 39 para uma amostra com o cimento CPV, na relação a/c 0,50, aos 3 dias de abertura de fissuras.

Figura 39 – Registro fotográfico fissura no concreto com cimento CPV, relação a/c 0,50 e 3 dias de idade de abertura de fissura (a) 0 dias; (b) 91 dias



(fonte: própria da autora)

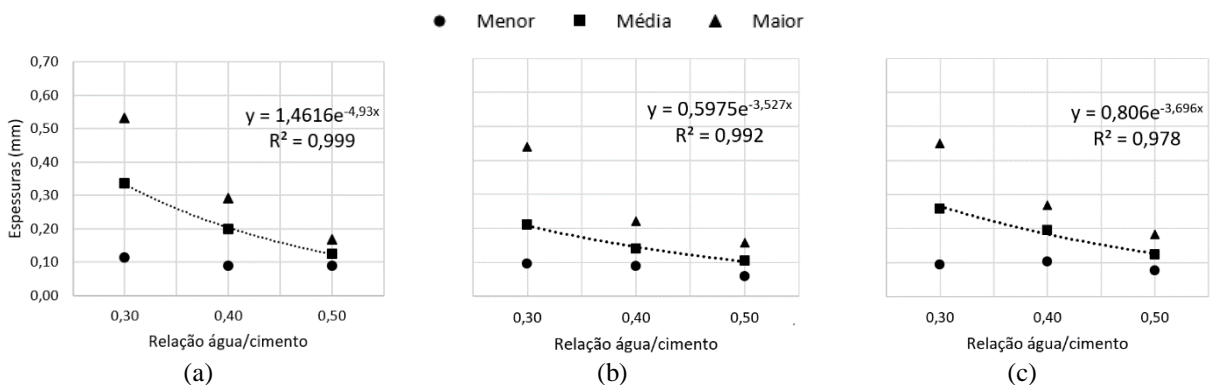
As fissuras se desenvolveram de maneira diferenciada e, em geral com espessuras máximas maiores do que as encontradas pelo método de abertura por tração diametral, elaborado nos prismas menores destinados às análises de autocicatrização de fissuras, que serão abordados a seguir.

4.2.2.2 Prismas para análises de autocicatrização de fissuras

A visualização e análise das espessuras das fissuras ocorreu por meio da medição de 32 pontos, divididos em oito zonas demarcadas, conforme descrito na metodologia no item 3.5.2.3, sendo uma adaptação do método empregado por Maes et al. (2016). As espessuras apresentadas são referentes aos corpos de prova menores, submetidos aos ensaios de velocidade de propagação de onda ultrassônica e análise de imagem por microscopia ótica.

Na Figura 40, estão apresentados os valores médios encontrados para as espessuras em nove corpos de prova por combinação. A abertura ocorreu aos 3 dias, onde os gráficos estão divididos por tipo de cimento utilizado, e comparando-se as relações água/cimento analisadas: 0,30; 0,40 e 0,50. Nesta figura são apresentadas a média de espessura das fissuras, além do menor e maior valor médio obtido em cada combinação, os dados contam no Apêndice B. É possível observar que as variações são maiores para relações água/cimento menores, sendo reduzida para relações água/cimento maiores, para os três tipos de cimentos analisados. Foram inseridas linhas de tendência para as espessuras adquiridas, apresentando uma função exponencial, a qual apresentou R^2 elevado, próximo de 1 (um), demonstrando adequada representação matemática para a curva traçada para as espessuras aos 3 dias.

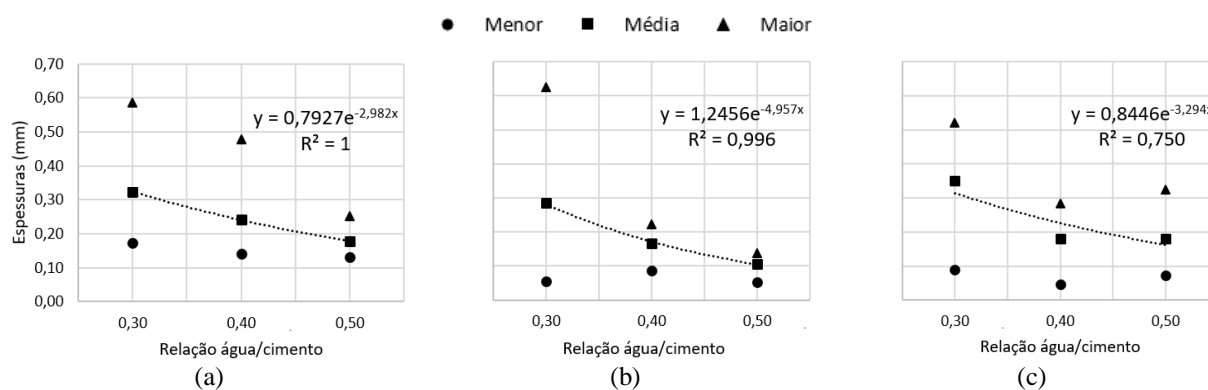
Figura 40 – Espessuras das fissuras com abertura aos 3 dias para três relações água/cimento (a) CII-F; (b) CII-V; (c) CPV



(fonte: própria da autora)

Da mesma forma apresentada aos 3 dias, as espessuras para idade de abertura aos 28 dias estão representadas na Figura 41. Nota-se que aos 28 dias, pelo ganho de resistência dos concretos, devido ao aumento de idade, a variação das espessuras fica mais evidente, até para maiores relações água/cimento. Apenas para o cimento CPIV, que possui menores resistências, é que as variações só ficaram evidentes para a relação água/cimento 0,30. No entanto, a linha de tendência segue o mesmo padrão encontrado aos 3 dias, sendo apresentadas maiores espessuras para relações água/cimento menores e menores espessuras para relações água/cimento maiores.

Figura 41 – Espessuras das fissuras com abertura aos 28 dias para três relações água/cimento (a) CPII-F; (b) CPIV; (c) CPV



(fonte: própria da autora)

Segundo a Figura 41, as funções exponenciais para o CPII-F e CPIV mostraram bom ajuste matemático; no entanto, para o cimento CPV, as variações de espessuras foram maiores, reduzindo o R^2 e tornando a função menos eficiente nesta situação. Essa variação no cimento CPV, apresentada inclusive para as relações água/cimento de 0,40 e 0,50, e não somente na 0,30 como observado nos demais casos estudados, deve-se possivelmente ao fato desses concretos terem apresentado maiores resistências nessa idade e com isso ocasionando a ruptura de forma frágil e brusca (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

Em relação ao fenômeno de autocicatrização, para relações água/cimento maiores, as quais apresentam menores espessuras de fissuras, o fechamento pode ocorrer com maior rapidez. Maes et al. (2016) demonstram que a porcentagem de fechamento da fissura é dependente da espessura inicial da fissura. Por isso, mesmo tendo-se como hipótese que relações água/cimento menores tendem a autocicatrizar fissuras com maior eficiência do que para relações água/cimento maiores, pode não se confirmar. Pois, mesmo havendo sobra de

cimento anidro na matriz com menor relação água/cimento, se a fissura tiver dimensões de espessuras elevadas, o fenômeno não será eficaz.

Segundo Yang et al. (2009), as espessuras de fissuras devem ser controladas para serem inferiores a 0,15mm, e de preferência menores que 0,05mm, para que se perceba o fenômeno de autocicatrização de maneira notável. Nestas dimensões, os autores relatam que quatro a cinco ciclos são suficientes para o fechamento das fissuras. Na Tabela 11 estão apresentadas as fissuras médias já representadas nas Figuras 40 e 41, assim só se enquadram nas espessuras sugeridas por Yang et al. (2009), os concretos com relações água/cimento 0,50 para todos os cimentos, na idade de 3 dias, além da relação a/c 0,40 para o cimento CPIV. E para os 28 dias apenas a relação a/c 0,50 para o CPIV ficou abaixo de 0,15mm. Esses valores estão destacados na Tabela 11.

Tabela 11 – Espessuras médias das fissuras realizadas aos 3 e 28 dias para concretos confeccionados com diferentes relações água/cimento e diferentes tipos de cimento

Tipos de concretos	Relação a/c	Espessura média (mm)	
		3 dias	28 dias
CPII-F	0,30	0,3354	0,3238
	0,40	0,1992	0,2407
	0,50	0,1256	0,1783
CPIV	0,30	0,2114	0,2865
	0,40	0,1404	0,1656
	0,50	0,1044	0,1063
CPV	0,30	0,2576	0,3510
	0,40	0,1959	0,1816
	0,50	0,1230	0,1814

(fonte: própria da autora)

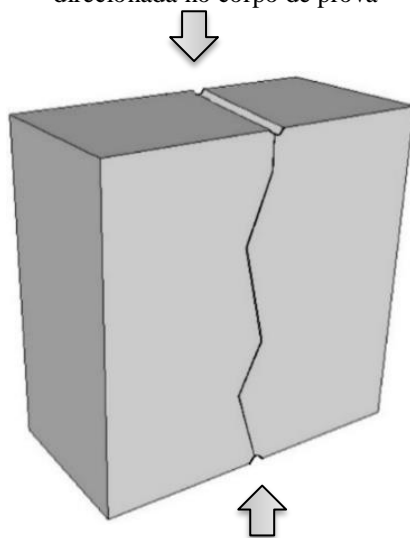
Também é importante salientar que para as relações água/cimento menores, as fissuras se desenvolviam diferentemente ao longo da seção, resultando em abertura maiores em uma das extremidades comparadas com a outra extremidade associada à mesma face. Outro fator relevante para a variação na abertura de fissuras, até mesmo relacionada ao fato já descrito na metodologia, que em muitos casos a fissura abria em apenas uma das faces do corpo de prova devido à aplicação irregular de carga durante o carregamento por motivo das irregularidades superficiais causadas pelo processo de moldagem.

Essa irregularidade poderia ser solucionada com um corte em serra com disco diamantado apropriado para corte de concreto, a fim de planificar a superfície e garantir correta

distribuição de cargas durante a abertura das fissuras. Dessa forma, a variabilidade de abertura seria somente relacionada com o fato de o material em questão ser o concreto, sujeito à discrepância devida à composição com agregado graúdo. Diferente dos trabalhos apresentados com argamassa e pasta, que desenvolvem a fissura de maneira mais uniforme e direcionada, podendo até mesmo ser controlada a abertura com LVDT, por exemplo, na pesquisa de Maes et al. (2016).

Além da regularização da superfície para distribuição correta de cargas no momento da abertura de fissuras, outra sugestão para direcionar de maneira correta o carregamento poderia ser a execução de uma guia para acoplamento das barras metálicas utilizadas para abertura de fissura por tração diametral. Com a execução dessa guia, que poderia ser realizada com serra apropriada para concreto ou detalhe realizado durante o procedimento de moldagem, a carga seria aplicada no local da guia demarcada no corpo de prova, direcionando a abertura de fissura de forma mais homogênea e regular (Figura 42).

Figura 42 – Representação esquemática da guia sugerida para distribuição de carga direcionada no corpo de prova



(fonte: própria da autora)

4.2.2 Recuperação das propriedades mecânicas: ensaio de flexão em quatro pontos

Os resultados obtidos nos ensaios de flexão em quatro pontos não se mostraram satisfatórios diante das hipóteses descritas na metodologia, visto que não foi possível avaliar a recuperação das propriedades mecânicas por meio da reavaliação dos corpos de provas fissurados nas idades de abertura de fissuras, aos 3 e 28 dias, e após 91 dias submetidos a seis ciclos e meio

de molhagem e secagem. Assim, este método não se mostrou adequado para verificação de recuperação de capacidade de carga, visto que os prismas fissurados, aos 91 dias, contados a partir das datas de aberturas de fissuras, não tiveram capacidade de carga avaliada por se tratar de cargas insignificantes aos equipamentos utilizados. Sendo as planilhas dos resultados obtidos apresentadas somente em apêndice devido ao fato de não apresentarem resultados satisfatórios para análise do fenômeno de autocicatrização (Apêndice C).

No ensaio de ruptura à tração, a fratura no corpo de prova já indica a ruptura, diferente do ensaio de compressão que muitas vezes o estado de fissuração interna, podendo não aparecer externamente, já indica que o corpo de prova não suporta carga maior (MEHTA; MONTEIRO, 2014). Além do concreto ter baixa resistência a solicitações de tração, o método de aplicação de carga de tração na flexão é o que oferece maior tensão de tração comparado a outros métodos de ruptura por tração e, devido a isso, talvez não seja um método adequado para avaliar recuperação de propriedade mecânicas.

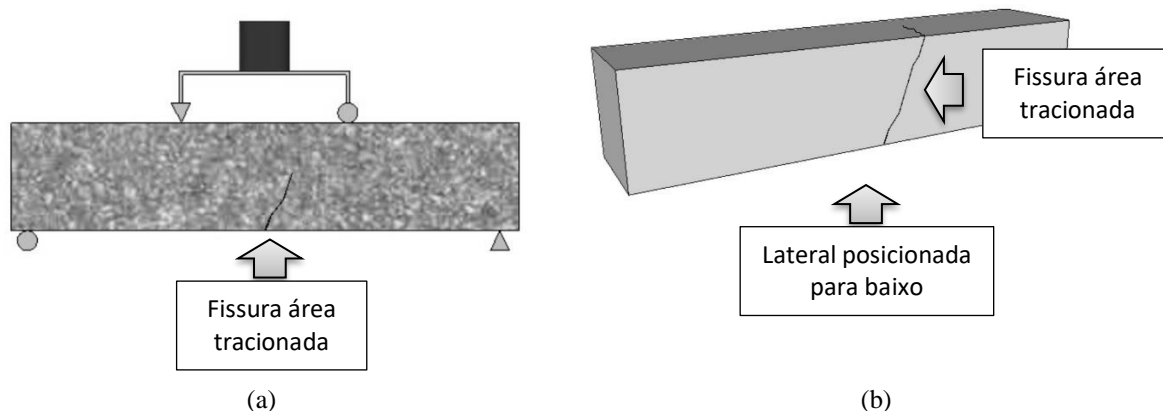
Devido a isso, fica mais difícil de haver recuperação de fissuração em um corpo de prova que foi submetido ao ensaio de tração por ter havido já ruptura completa na maioria dos casos, restando poucos exemplares semi-íntegros apenas na área comprimida do terço médio do corpo de prova. E mesmo havendo produtos de autocicatrização evidenciados visivelmente, os possíveis produtos gerados na autocicatrização não tem capacidade suficiente para conferir aumento de resistência mecânica e de resistir a grandes esforços.

Outro fator que pode ter influenciado na perda de resistência dos corpos de prova que continham fissura foi o ambiente de exposição, ciclos de molhagem e secagem, devido ao processo de hidrólise do hidróxido de cálcio lixiviado durante os processos de imersão. Alguns trabalhos relataram que a incidência dos corpos de provas em ciclos pode corroborar com a recuperação da rigidez à tração, ductilidade e resistência, demonstrando resultados satisfatórios em somente três ciclos consecutivos (LI E YANG, 2007; YU E YANG, 2010). No entanto, esses pesquisadores trabalham com compósitos cimentícios com alta ductibilidade e com espessuras de fissuras entre 10 e 50 μ m, inferiores às espessuras encontradas nesse trabalho.

O fechamento completo não ficou evidente em nenhuma combinação, notando-se evidência de fechamento apenas em pontos aleatórios e específicos nas laterais que ficaram posicionadas para baixo, visto que os corpos de prova foram acondicionados no ciclo com a

face que continha a fissura aberta na zona inferior (Figura 43a) colocada na posição vertical (Figura 43b).

Figura 43 – Representação ilustrativa da localização da face de abertura da fissura na zona tracionada (a) corpo de prova no momento do carregamento; (b) posição do corpo de prova nos ciclos

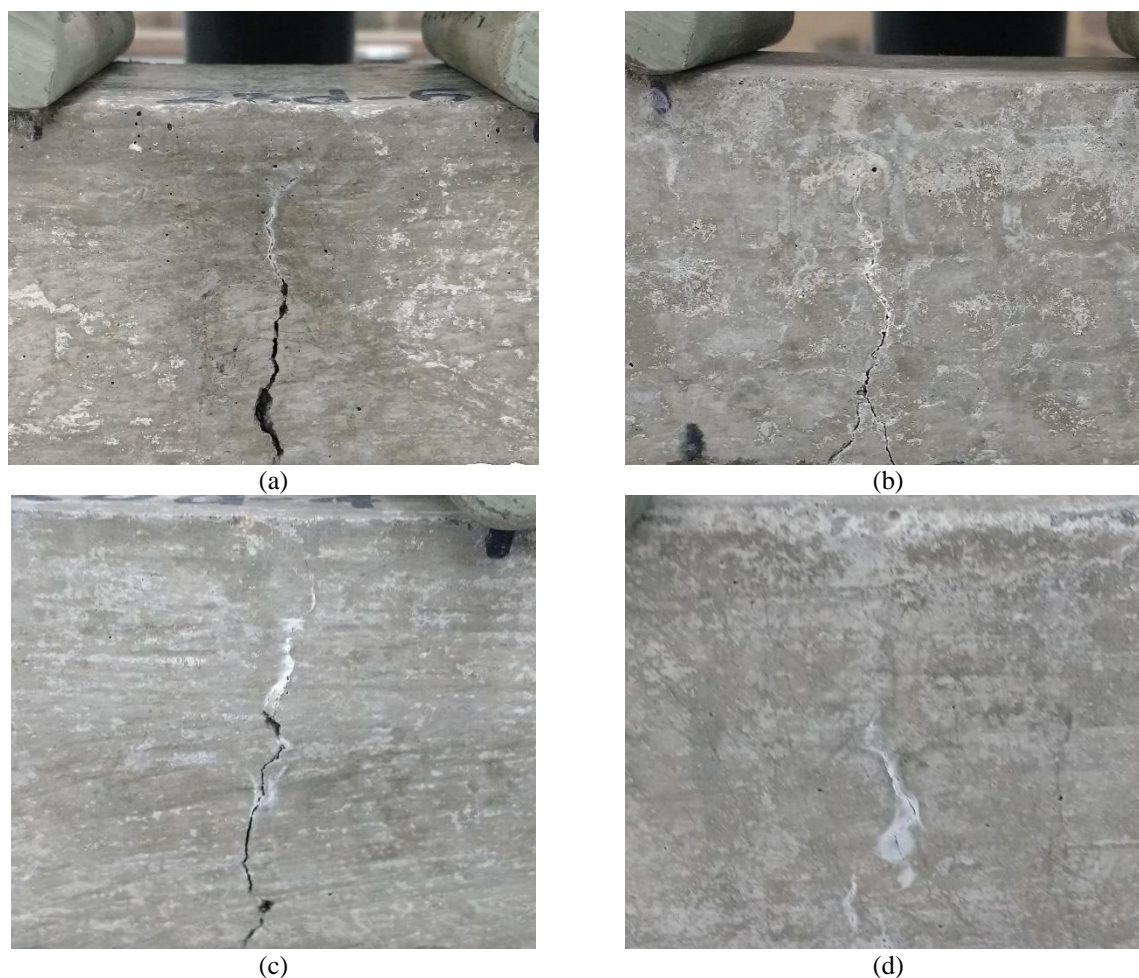


(fonte: própria da autora)

Além disso, as espessuras desenvolvidas nesses corpos de prova, já mencionadas no item anterior, demonstraram que para relações a/c menores as espessuras máximas são maiores que para relações a/c maiores, assim como as mínimas espessuras são menores para maiores relações a/c , como já era esperado. E na maioria dos corpos de prova destinados a este ensaio as espessuras das fissuras foram superiores a 0,2mm, alcançando, em alguns casos, espessuras de até 2 mm, sendo espessuras superiores ao que foi demonstrado na literatura como possível de obter a autocicatrização (YANG et al., 2009).

Assim, as laterais dos corpos de prova, essencialmente a lateral que ficou posicionada para baixo, teve maior visualização de deposição de um produto esbranquiçado, possivelmente produtos de lixiviação da matriz cimentícia com algum processo de carbonatação, como podem ser vistos nos exemplos a seguir (Figura 44).

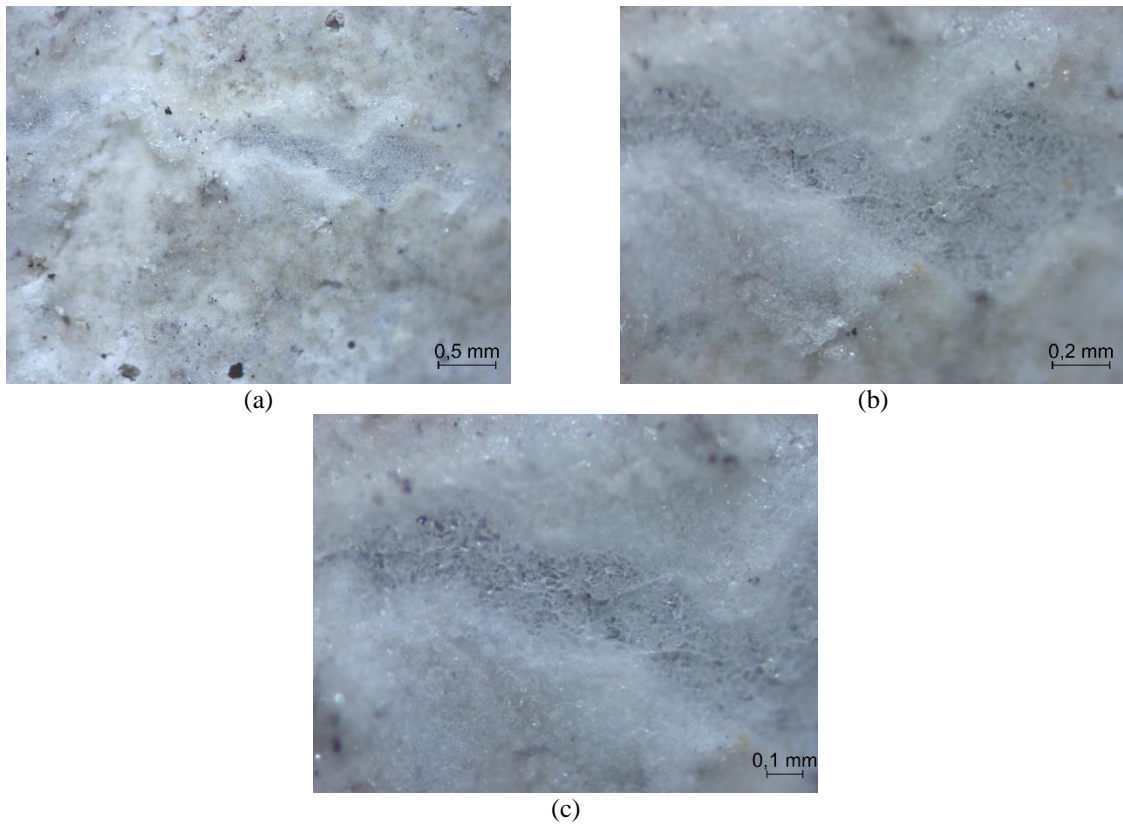
Figura 44 – Registro fotográfico fissura no concreto com combinações aleatórias (a) CPV – 0,40 – 28 dias de abertura; (b) CPV – 0,40 – 28 dias de abertura; (c) CPV – 0,40 – 28 dias de abertura; (d) CPV – 0,5 – 28 dias de abertura



(fonte: própria da autora)

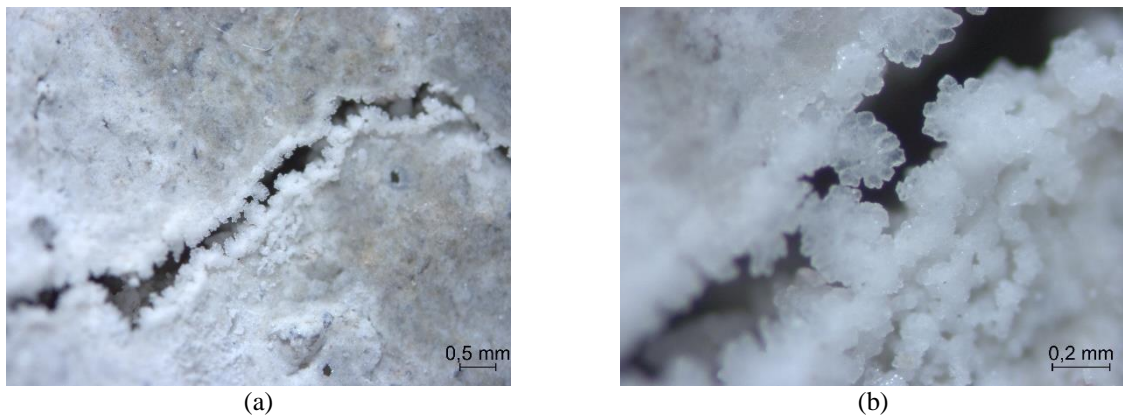
Algumas amostras aleatórias foram visualizadas com auxílio do microscópio ótico, o fato não foi registrado em todas as combinações visto que não era o foco para análise nestes corpos de prova, além da ocorrência em pontos específicos e somente nas fissuras com pequenas dimensões. No entanto, com os exemplos demonstrados nas Figuras 45, 46 e 47, para a relação água/cimento 0,50, com o cimento CII-F, na idade de 3 dias de abertura, sendo as imagens registradas aos 91 dias após o início dos ciclos de molhagem e secagem, percebe-se o fechamento das fissuras com produtos de autocicatrização de maneira superficial, como descrito por Sisomphon et al. (2012). As imagens correspondem a pontos aleatórios e isolados ao longo da fissura, com espessuras entre 0,2 e 0,5mm, principalmente na seção que ficou posicionada para baixo dentro do ciclo de molhagem e secagem.

Figura 45 – Fissura no concreto com cimento CII-F, relação a/c 0,50 e 3 dias de idade de abertura de fissura, aos 91 dias, em diferentes ampliações (a) 2x; (b) 4x; (c) 5x



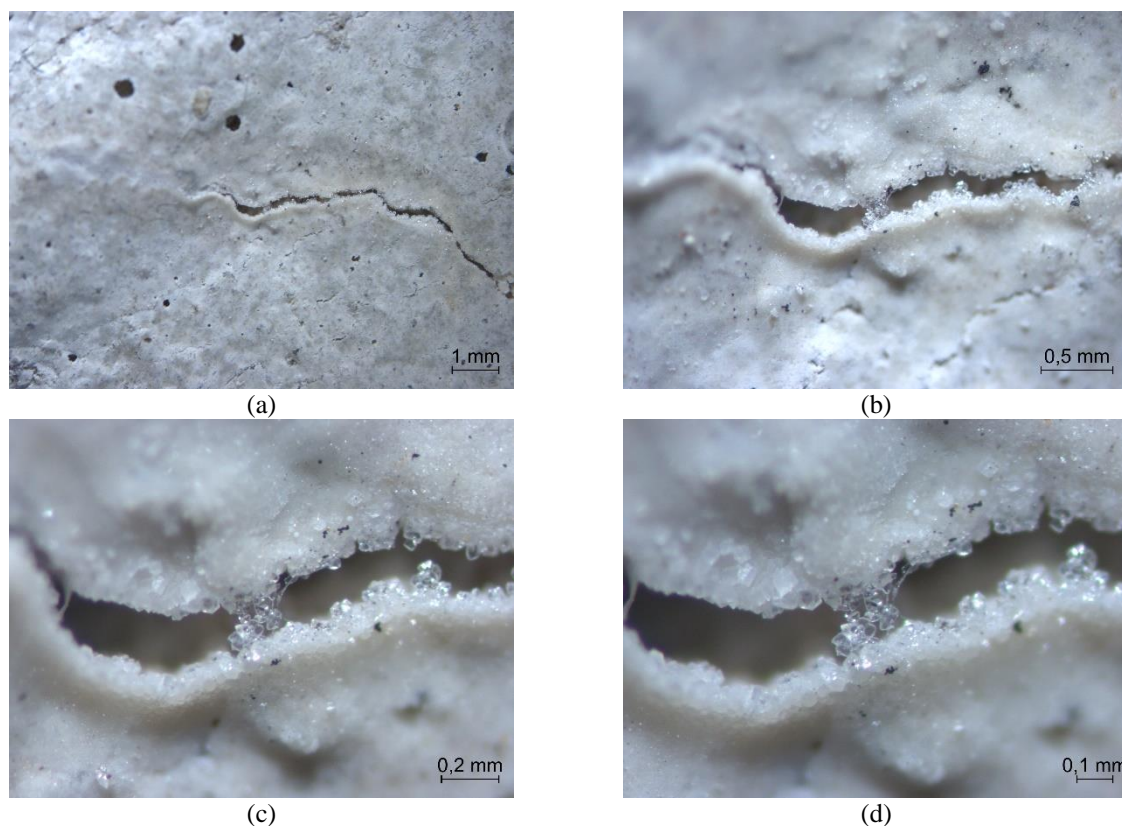
(fonte: própria da autora)

Figura 46 – Fissura no concreto com cimento CII-F, relação a/c 0,50 e 3 dias de idade de abertura de fissura, aos 91 dias, em diferentes ampliações (a) 1x; (b) 4x



(fonte: própria da autora)

Figura 47 – Fissura no concreto com cimento CII-F, relação a/c 0,50 e 3 dias de idade de abertura de fissura, aos 91 dias, em diferentes ampliações (a) 0,65x; (b) 2x; (c) 4x; (d) 5x



(fonte: própria da autora)

4.2.3 Recuperação de estanqueidade: velocidade de propagação de onda ultrassônica

Para verificar a recuperação de estanqueidade nos corpos de prova fissurados, o ensaio de medição da velocidade de propagação de onda ultrassônica se mostrou satisfatório, embora algumas variáveis, inicialmente não elencadas, serem abrangidas no decorrer do trabalho. Visto que, fatores como teor de umidade, idade, presença de armadura e temperatura podem influenciar na diferença de velocidade de propagação de onda ultrassônica (NEVILLE, 2013). Mesmo assim, ficou evidenciado no trabalho de MAES et al. (2016) que a autocatrização autógena, apesar de não ocorrer em toda dimensão da fissura, selando-a completamente, em pequena porcentagem já se mostra suficiente, podendo contribuir para o prolongamento da vida útil das estruturas de concreto, verificada por meio da redução de permeabilidade a íons cloretos.

Para melhor compreensão dos dados é importante salientar que os gráficos apresentados com a demonstração da porcentagem da velocidade em relação ao íntegro inicial aos zero dias,

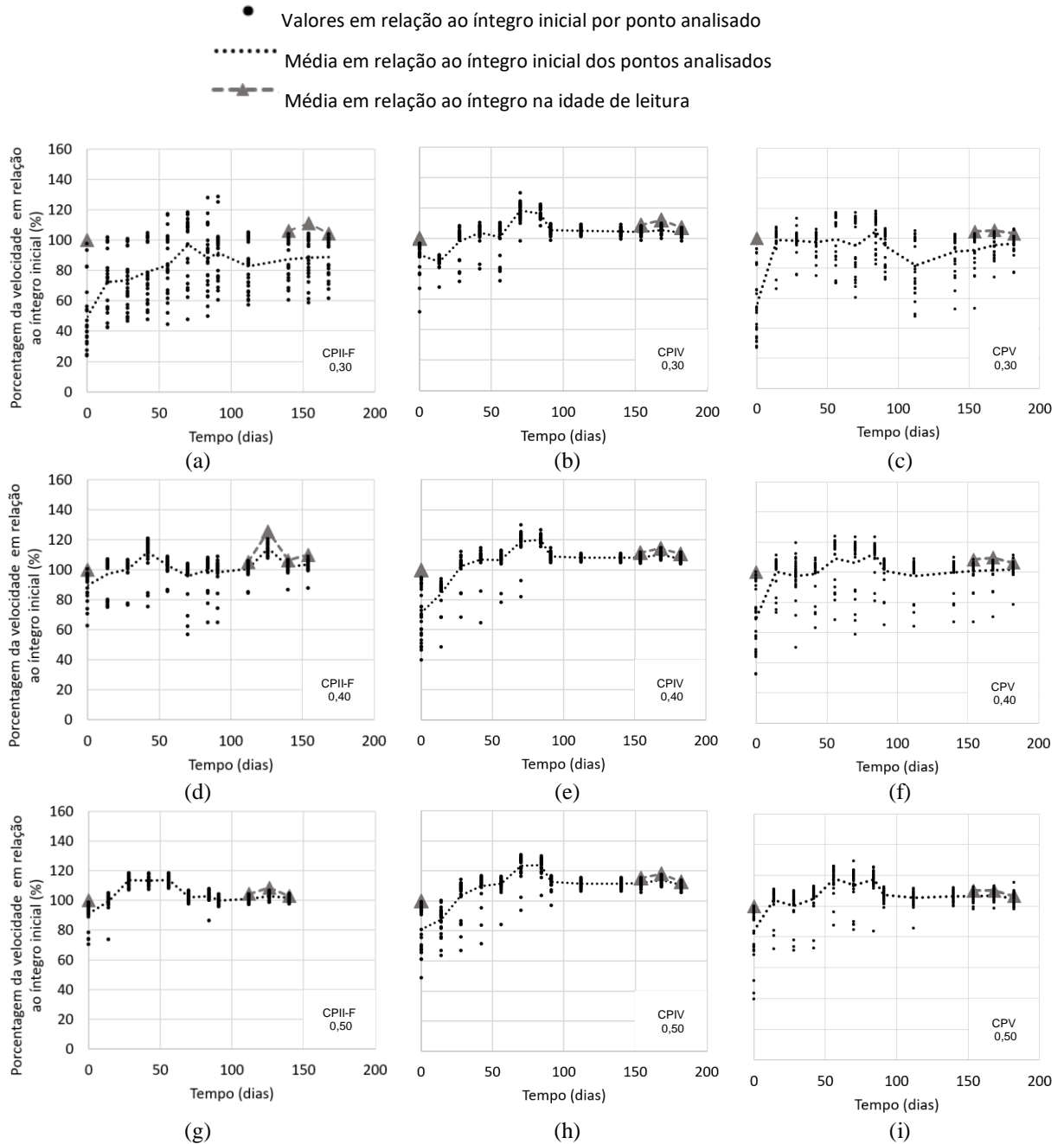
conforme Equação 5, o tempo de coleta varia de acordo com a situação de moldagem. Visto que os cimento CPIV e CPV, em todas relações água/cimento, foram moldados em sequência, já o cimento CII-F teve os concretos com diferentes relações água/cimento moldados em dias isolados.

Cada idade de leitura de acompanhamento resultou em 27 pontos coletados, visto que foram realizadas três medições em cada amostra, no total de 9 amostras para cada combinação. Sendo assim, cada ponto foi analisado individualmente. Os valores obtidos nas análises estão descritos no Apêndice D.

Decidiu-se realizar a análise deste modo, devido à verificação dos coeficientes de variações das velocidades nos diferentes pontos, visto que estes se mostraram com altos valores por motivo da diversidade e formas das fissuras para uma mesma combinação de análise. Dessa forma, quando se calculou os coeficientes de variações, principalmente para a relação água/cimento 0,30; na qual as fissuras tendem a ser maiores e diversificadas, esses coeficientes resultaram em maiores valores.

Os resultados obtidos para a idade de abertura de fissura aos 3 dias são apresentados na Figura 48, com os diferentes tipos de cimento variando nas colunas, e as diferentes relações água/cimento variando nas linhas.

Figura 48 – Porcentagem da velocidade em relação ao íntegro inicial, com 3 dias de idade de abertura de fissuras, para os diferentes cimentos e relações água/cimento (a) CPII-F 0,30; (b) CPIV 0,30; (c) CPV 0,30; (d) CPII-F 0,40; (e) CPIV 0,40; (f) CPV 0,40; (g) CPII-F 0,50; (h) CPIV 0,50; (i) CPV 0,50



(fonte: própria da autora)

Nestes gráficos o eixo vertical se refere à porcentagem da velocidade em relação ao íntegro inicial, calculada de acordo com a Equação 5, e no eixo horizontal o tempo executado para cada leitura. Sendo a leitura 0 dias, a executada no mesmo dia de abertura de fissuras após o

processo de fissuração. Esta porcentagem inicial se refere a quantos por cento a amostra manteve sua integridade em relação à amostra pós-fissuração.

Analisando a Figura 48, pode-se notar que para as combinações que demonstraram maiores resistências, as variações que distam da média são maiores e a porcentagem aos zero dias é menor, demonstrando maior dano causado. Quando se comparam as combinações com menores resistências ou maiores relações água/cimento, a porcentagem inicial é maior, demonstrando menor dano causado. Isso está relacionado também às espessuras das fissuras geradas, como demonstrado no item 4.2.2.2.

Os concretos com relações água/cimento 0,50, para todos os cimentos na idade de 3 dias (Figura 48g, 48h e 48i), e o concreto com relação a/c 0,40 para o cimento CPIV (Figura 48e), foram os que apresentaram fissuras médias inferiores a 0,15mm, e nesses, pode ser observada menor variação nas leituras obtidas em cada ponto em relação à linha média pontilhada.

Nota-se também, observando a Figura 48, que após cerca de 84 dias os gráficos se mantêm retilíneos, demonstrando um declínio na porcentagem de velocidade em relação ao íntegro, exceto para o CPII-F na relação 0,40, nos demais todos tiveram comportamento semelhante. A estabilidade alcançada após 84 dias, na maioria das situações apresentadas, pode estar relacionada com o término de material reativo restante dentro da matriz cimentícia, não havendo mais formação de produtos de autocicatrização, além do possível extermínio dos produtos possíveis de lixiviação, visto que já decorreu, até este momento, seis ciclos de molhagem e secagem. No entanto, devido a esses motivos, o gráfico não apresentaria o declínio, apenas manteria a estabilidade. O declínio pode estar relacionado à redução na resistência das amostras devido aos processos de lixiviação sofridos (TERZAGHI, 1948), aumentando assim as porosidades das amostras semelhante ao processo de eflorescência (NEVILLE, 2013), e com isso reduzindo a velocidade de propagação de onda ultrassônica devido ao aumento de tempo da passagem da onda.

Ainda em relação à Figura 48, é importante explicar o motivo pelo qual alguns valores, principalmente nos picos apresentados, ultrapassam os 100%, ou seja, as velocidades nesses pontos medidos de pós-fissuração resultam em valores superiores aos encontrados na leitura de zero dias (pré-fissuração). Isso pode ser explicado pelo fato de que o concreto adquiriu resistência superior em relação ao observado na idade de abertura de fissuras, já que o volume de vazios capilares diminui com a pasta de cimento hidratada e com o aumento da idade do

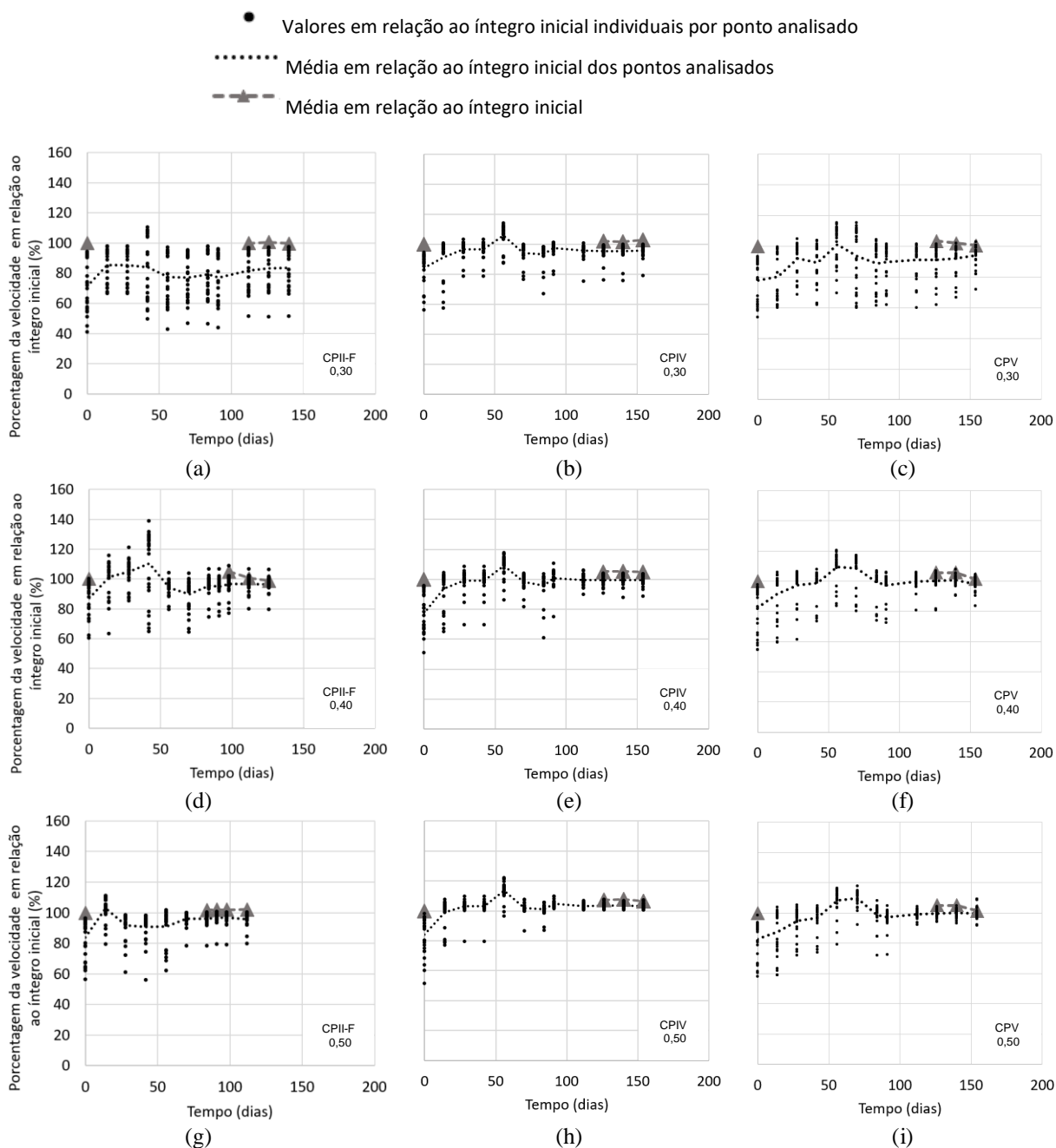
concreto (MEHTA; MONTEIRO, 2014), considerando o processo de hidratação. Com isso há o aumento da velocidade em relação ao medido na situação inicial pré-fissuração, mesmo sem ter estancada a fissura totalmente, fato esse apresentado em seguida, e somente para os pontos nos quais foram medidas as condições íntegras nas laterais dos corpos de prova.

As condições íntegras, que também podem ser observadas na Figura 48, como sendo a linha cinza tracejada com marcadores triangulares, englobam as mesmas variáveis da condição de medição que atravessa a fissura, visto que são realizadas no mesmo período e na mesma amostra. As variáveis inseridas nesse processo se trata da condição de constância de massa, ou seja, a saturação do corpo de prova no momento de realização do ensaio, além das condições de resistência, tanto pelos processos de hidratação quanto pela perda desta propriedade devido aos processos de lixiviação. Devido a essas condições semelhantes, é possível observar nos gráficos que há na maioria das situações um paralelismo entre os dados obtidos da linha do íntegro para a linha pontilhada, sendo a média das leituras que atravessam a fissura, e dessa forma, consegue-se então eliminar essas variáveis, por meio do cálculo da taxa de autocicatrização, demonstrada na Equação 6.

Aos 28 dias, alguns comportamentos se mostraram diferentes da abertura aos 3 dias, no entanto, as hipóteses de variáveis se mantiveram semelhantes. Na Figura 49, estão apresentados os resultados para a abertura de fissuras aos 28 dias, variando nas colunas os diferentes tipos de cimento, e variando nas linhas as diferentes relações água/cimento. Nestes gráficos o eixo vertical se refere à porcentagem da velocidade em relação ao íntegro inicial, calculada de acordo com a Equação 5, identicamente aos apresentados anteriormente.

Analisando a Figura 49, nota-se que apenas a relação a/c 0,50 para o CPIV (Figura 49h) foi a que apresentou menor variação dos dados. Assim como já descrito, esse fato está relacionado à média das espessuras reduzidas para esta combinação, visto que somente neste caso a espessura ficou abaixo de 0,15mm. Essa justificativa se relaciona claramente com a resistência mecânica adquirida. Os demais gráficos da Figura 49 demonstram maior variabilidade pelo aumento de resistência em decorrência da idade de abertura de fissuras, tendo como consequência a maior variação no desenvolvimento das fissuras devido ao carregamento.

Figura 49 – Porcentagem da velocidade em relação ao íntegro inicial, com 28 dias de idade de abertura de fissuras, para os diferentes cimentos e relações água/cimento (a) CPII-F 0,30; (b) CPIV 0,30; (c) CPV 0,30; (d) CPII-F 0,40; (e) CPIV 0,40; (f) CPV 0,40; (g) CPII-F 0,50; (h) CPIV 0,50; (i) CPV 0,50



(fonte: própria da autora)

Nos gráficos apresentados na Figura 49 pode-se notar que após cerca de 56 dias é alcançada uma estabilidade demonstrada pelo comportamento retilíneo, na maioria das situações, sendo mais evidente para o cimento CPIV. Essa estabilidade, como já descrito, pode estar relacionada com o término de material anidro dentro da matriz, e o declínio notado com maior

evidência para o cimento CPIV e CPV, deve-se possivelmente aos efeitos da lixiviação dos produtos à base de cálcio em relação à redução da resistência dos concretos (TERZAGHI, 1948), aumentando o tempo de passagem da onda e com isso ocasionando redução da velocidade de propagação de onda ultrassônica.

Essa estabilidade, aos 56 dias, para a idade de abertura de fissuras aos 28 dias, fica em torno de 84 dias da idade do concreto, quando se compara com a idade de abertura de 3 dias, o concreto se encontra aos 87, mantendo ambos a faixa entre 80 e 90 dias da idade do concreto, independente da data de abertura da fissura. O fato pode estar demonstrando que a idade de abertura de fissuras aos 3 dias, aparentemente, possui maior capacidade de autocicatrização quando comparada com a idade de 28 dias, mas isso se deve, possivelmente, ao comportamento natural do concreto, sendo o tempo necessário para a hidratação completa dos produtos internos da matriz.

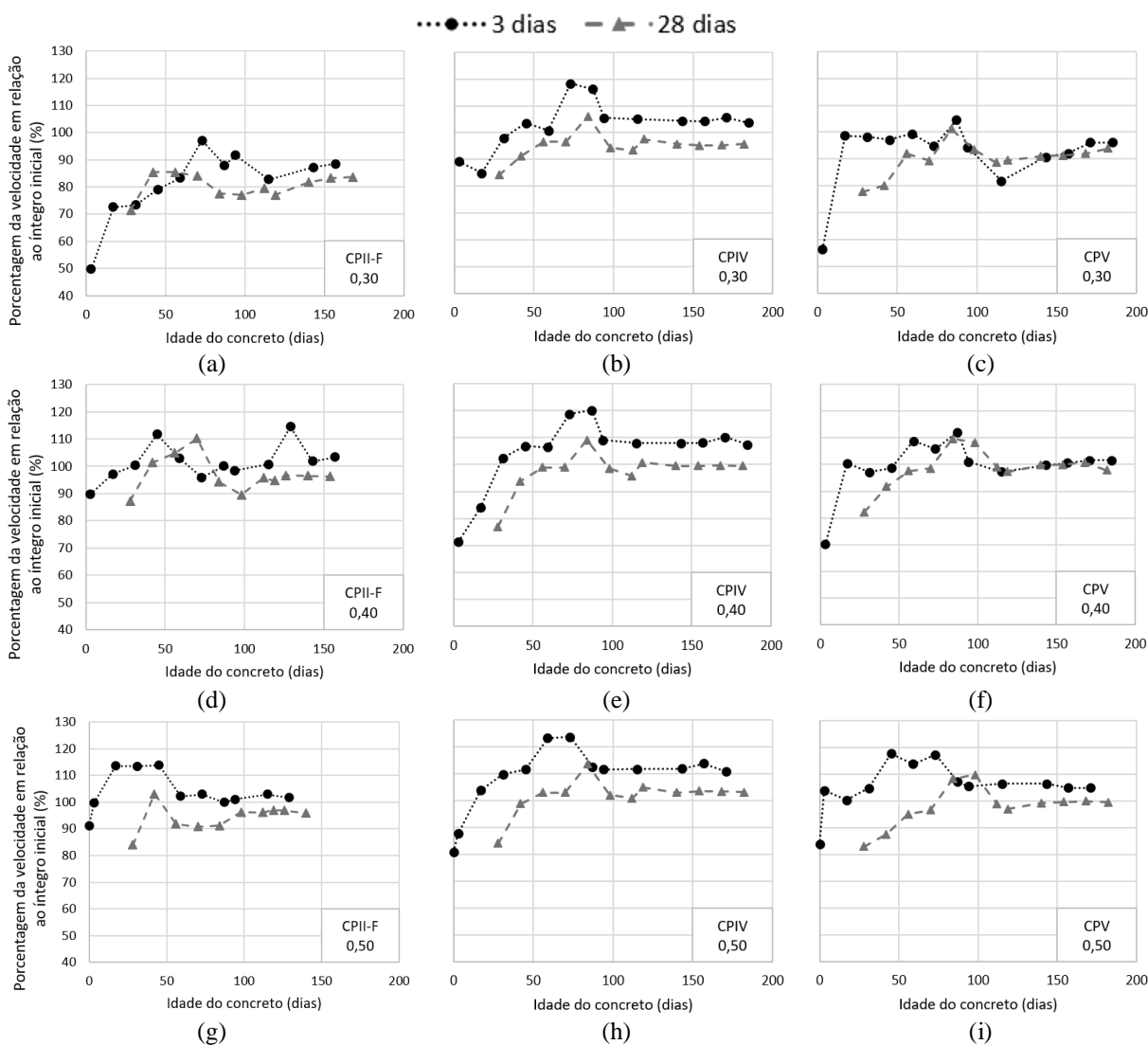
Para melhor visualização desta situação observada, na Figura 50 os dados foram separados por idade de abertura de fissuras, no entanto, mantendo-se fixo o tempo em relação à idade do concreto. Assim, fica mais claro observar esse aumento na porcentagem da velocidade em relação ao íntegro e o declínio entre os 80 e 90 dias, essencialmente para os cimentos CPIV e CPV, e para a relação água/cimento 0,30 e 0,40 do CPII-F. Já para a relação água/cimento 0,50 do cimento CPII-F, essa faixa se encontra entre os 40 e 50 dias de idade do concreto. É importante salientar que essas variações observadas foram executadas em datas de ensaios diferentes e, portanto, variáveis como a condição de saturação dos corpos de prova estão inseridas nos dados, talvez justificando picos aleatórios nas curvas apresentadas. Caso houvesse a leitura dos íntegros nas mesmas idades de observação, as variáveis inerentes às condições das amostras seriam eliminadas.

Analisando a Figura 50, o cimento CPIV demonstra-se com melhor desempenho referente ao ganho de porcentagem da velocidade de pulso ultrassônico em relação ao íntegro inicial comparado aos demais cimentos. Esse fato possivelmente está associado a composição química do cimento Portland com adição pozolânica (CPIV), que contribui para a densificação da matriz por meio da reação pozolânica. Qian et al. (2009) relatou que cimentos compostos por cinza volante, como é o caso do CPIV utilizado nessa pesquisa, apresentaria menor capacidade de autocicatrização do que cimentos compostos por escória de alto forno ou fíler calcário, assim sendo, o resultado contradiz o que foi apresentado pelos pesquisadores,

possivelmente pela grande variabilidade de composições possíveis em cinzas volantes e também por possíveis semelhança de finuras das adições desses cimentos.

Além da idade de abertura de fissura, visualizar a diferença da média das porcentagens de velocidade adquiridas em relação ao íntegro inicial é relevante para compreender comportamentos específicos de cada tipo de cimento. Devido a isso, os dados foram compilados entre os diferentes tipos de cimento: CII-F, CIII e CPV para a mesma relação água/cimento, sendo as diferentes relações água/cimento apresentadas em sequência para uma mesma idade de abertura de fissuras.

Figura 50 – Porcentagem da velocidade em relação ao íntegro inicial para a idade do concreto, com abertura de fissuras, aos 3 e 28 dias, para os três tipos de cimento e as três relações água/cimento (a) CII-F 0,30; (b) CIII 0,30; (c) CPV 0,30; (d) CII-F 0,40; (e) CIII 0,40; (f) CPV 0,40; (g) CII-F 0,50; (h) CIII 0,50; (i) CPV 0,50



(fonte: própria da autora)

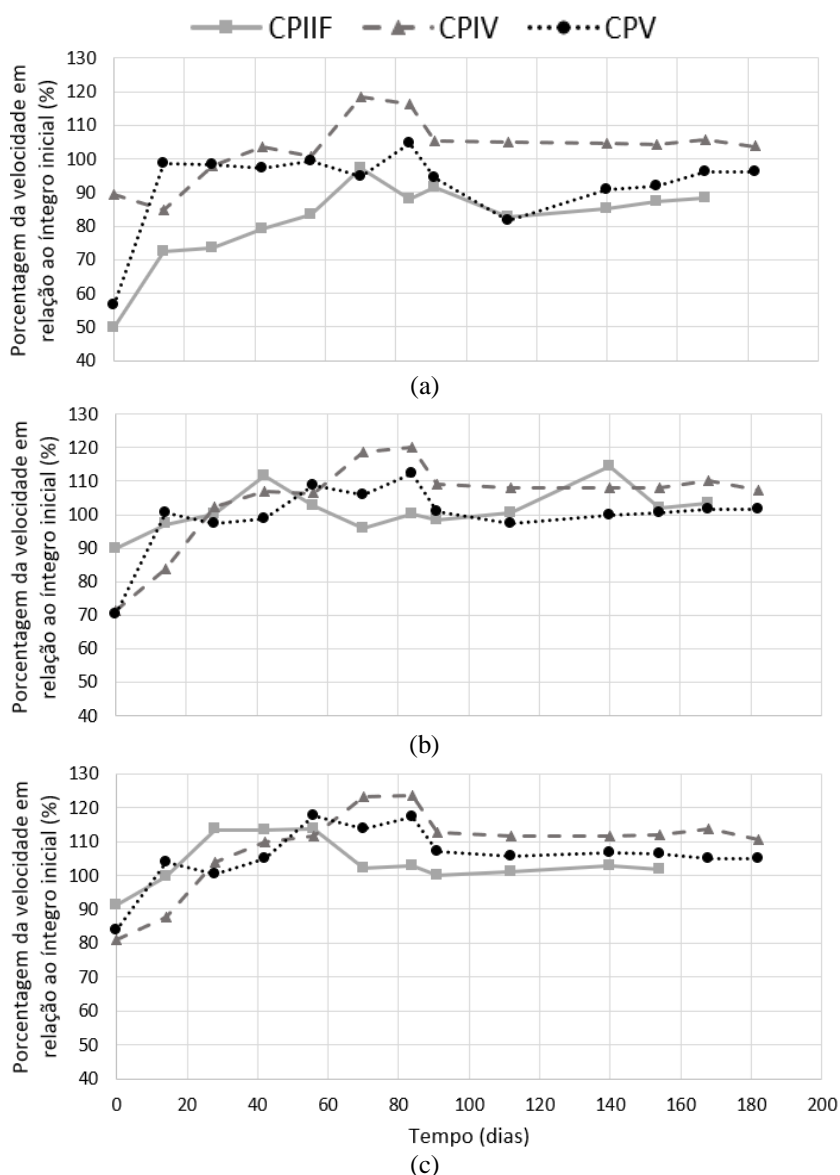
Na Figura 51 estão apresentados os dados referentes aos 3 dias de idade de abertura de fissura. Nota-se comportamento homogêneo para o cimento CPIV em ambas as relações água/cimento, sendo superior aos demais tipos de cimento. O cimento CPV mantém comportamento homogêneo também independente da relação água/cimento, mas permanecendo abaixo do CPIV. Já o cimento CII-F apresenta comportamento heterogêneo para as relações a/c 0,30 e 0,40, e na relação a/c 0,50 o comportamento se assemelha aos demais tipos de cimento, estando abaixo de ambos. Os que mantêm comportamento semelhante, como já descrito acima, apresentam crescimento da porcentagem de velocidade em relação ao íntegro inicial em torno de 80 dias, após há um declínio, sugerindo perda de potencialidade de autocicatrização, mantendo os resultados estáveis até o término da coleta dos dados.

O melhor comportamento visualizado do cimento CPIV, segundo a Figura 51, deve-se ao fato de que cimentos pozolânicos consomem o hidróxido de cálcio durante o processo de reação pozolânica. Assim, proporcionam concretos mais duráveis (NEVILLE, 2013), diminuindo também a quantidade de produto lixiviado (SIDDIQUE; KHAN, 2011) e, portanto, um dos fatores que colaboram para a autocicatrização de fissuras de maneira autógena (ŞAHMARAN; LI, 2009; HUANG; YE; DAMIDOT, 2014; ZHANG; QIAN; MA, 2014). A autocicatrização para o cimento CPIV tem maior evidência com a formação do C-S-H devido à reação pozolânica (GJØRV, 2015), melhor verificada por meio do método de análise pela medição da velocidade de propagação de onda ultrassônica. Wu et al. (2012) e De Rooij et al. (2013) demonstram que esta é uma das razões mais evidentes para a autocicatrização em materiais cimentícios, ou seja, a hidratação tardia dos materiais aglomerantes associada à expansão da matriz cimentícia dentro da fissura.

O consumo do Ca(OH)_2 nas reações pozolânicas é benéfico para o incremento na durabilidade dos concretos confeccionados com cimentos pozolânicos. O tamanho dos poros com esse tipo de cimento também é refinado, visto que os produtos da reação são eficientes ao preencherem espaço capilares e, conseqüentemente, aumentam a resistência e diminuem a permeabilidade do sistema (MEHTA; MONTEIRO, 2014). Van Tittelboom (2012) demonstra, em sua dissertação, que o uso de substituição de cimento por escória de alto forno apresenta melhora na autocicatrização autógena. Palin et al. (2015) mostram que cimentos compostos com escória de alto forno têm maior potencialidade de fechamento de fissuras mais espessas, sendo de até 0,408mm quando comparadas a fissuras de 0,168mm para cimentos puros. Dessa

forma, espera-se que o cimento Portland pozolânico (CPIV) apresente também melhoria nessa propriedade visto a porcentagem de pozolana presente na composição, apesar de não se tratar do mesmo material descrito pelos autores e nem nas mesmas condições de cura.

Figura 51 – Compilado da porcentagem da velocidade em relação ao íntegro inicial, com 3 dias de idade de abertura de fissuras, para os diferentes cimentos e relações água/cimento (a) 0,30; (b) 0,40; (c) 0,50



(fonte: própria da autora)

Ter Heide e Schlangen (2007) compararam a autocicatrização de concretos produzidos com um cimento semelhante ao CPV e de concretos com cimento semelhante ao CPIII (cimento Portland com adição de escória de alto forno). Os autores descrevem que para o cimento semelhante ao CPV, resultados satisfatórios aparecem após duas semanas, e justificam pelo

fato de existir maior quantidade de grãos anidros na matriz e porque as reações ocorrem mais rapidamente. Fato esse observado para o cimento CPV na idade de 3 dias de abertura, Figura 51, com os picos iniciais no aumento da porcentagem da velocidade em relação ao íntegro inicial de maneira acentuada, mas não mantendo esse comportamento ao longo do tempo, quando observado em maior idade. Esse fato também pode estar relacionado à possível maior quantidade de C_3S na composição do cimento, o qual intensifica os processos de hidratação ocorrendo de forma mais acelerada (NEVILLE, 2013).

O mesmo não se evidencia para a idade de abertura de 28 dias, Figura 52, onde a curva do ponto inicial do CPV é bem menos acentuada que para os demais cimentos. Já os cimentos CPIV e CII-F mantêm inclinação semelhante de aumento da porcentagem, com o cimento CPIV se mostrando mais eficiente também para todas as relações água/cimento apresentadas na Figura 52.

Nos trabalhos de Li e Yang (2007) e Qian et al. (2009) são apresentadas melhorias do fenômeno da autocicatrização em matrizes com o uso de cinzas volantes e escória de alto forno, tendo como principal justificativa a cinética das reações de hidratação, as quais são mais lentas com o uso das adições minerais.

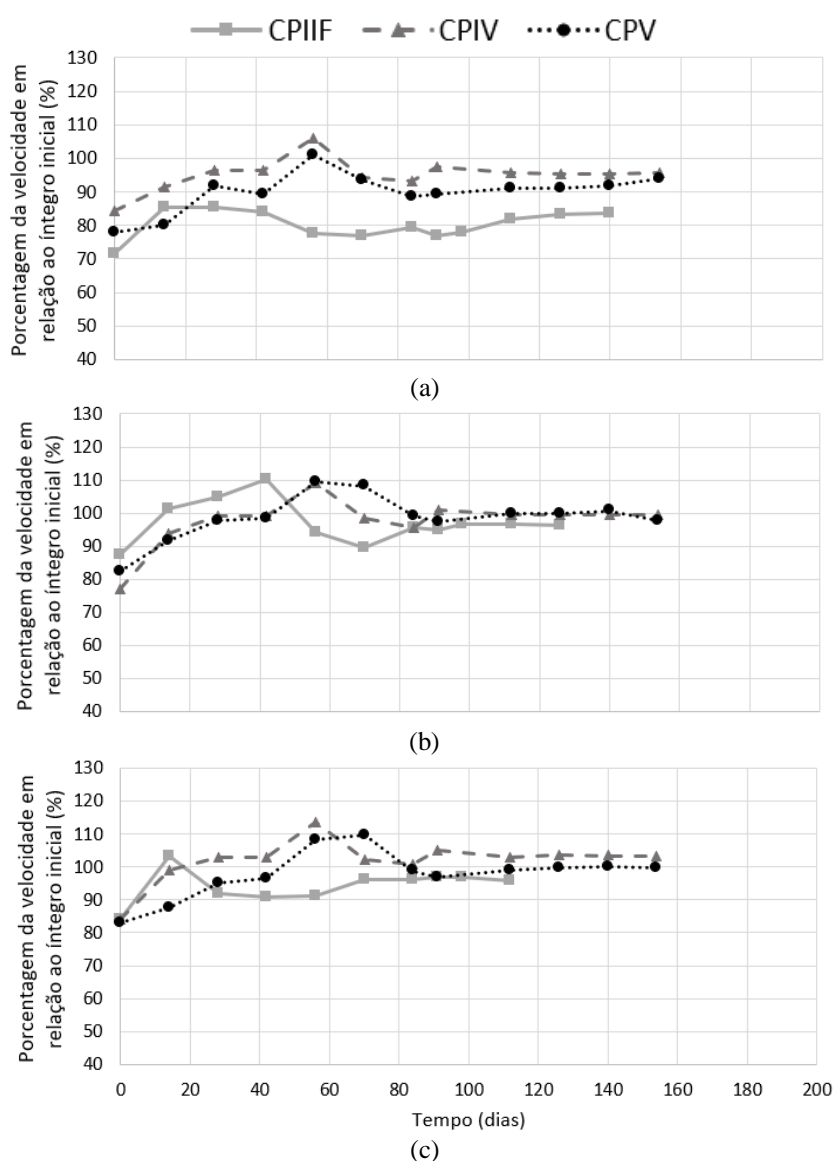
Assim como descrito anteriormente, na Figura 52 também se evidencia comportamentos semelhantes principalmente para o cimento CPIV e CPV, sendo mais variável para o cimento CII-F. E nota-se o comportamento já detalhado, que em torno de 60 dias os concretos apresentam estabilidade, ou seja, não há variação quanto à velocidade de propagação de onda ultrassônica comparada ao íntegro inicial pré-fissuração.

Quando se observam as idades nas quais foram adquiridos os pontos nas laterais dos corpos de prova, considerando o concreto na situação real sem passar pela fissura, é possível descartar as variáveis intrínsecas às condições do momento de coleta dos dados, tais como saturação interna do corpo de prova, condições de resistência tanto devido ao processo de hidratação quanto à perda por lixiviação resultante dos ciclos de molhagem e secagem.

Por meio da Equação 6, é possível determinar a porcentagem da velocidade em relação ao íntegro, desconsiderando as variáveis intrínsecas ao processo. Dessa forma, obtém-se uma taxa de autocicatrização por meio da diferença entre a porcentagem no tempo zero dias em relação à última porcentagem relacionada ao fim da coleta de dados. Para cada combinação

obteve-se no mínimo quatro pontos ao longo do tempo, devido à adequação da metodologia no decorrer do trabalho. Visto que, o método com aprimoração da leitura do íntegro na mesma idade de coleta da leitura que passa pela fissura possibilita eliminar as variáveis referentes às condições de saturação dos corpos de prova e às condições de integridade tanto referentes ao processo de hidratação das amostras ao longo do tempo, quanto devido às perdas de resistências causadas pela lixiviação do hidróxido de cálcio.

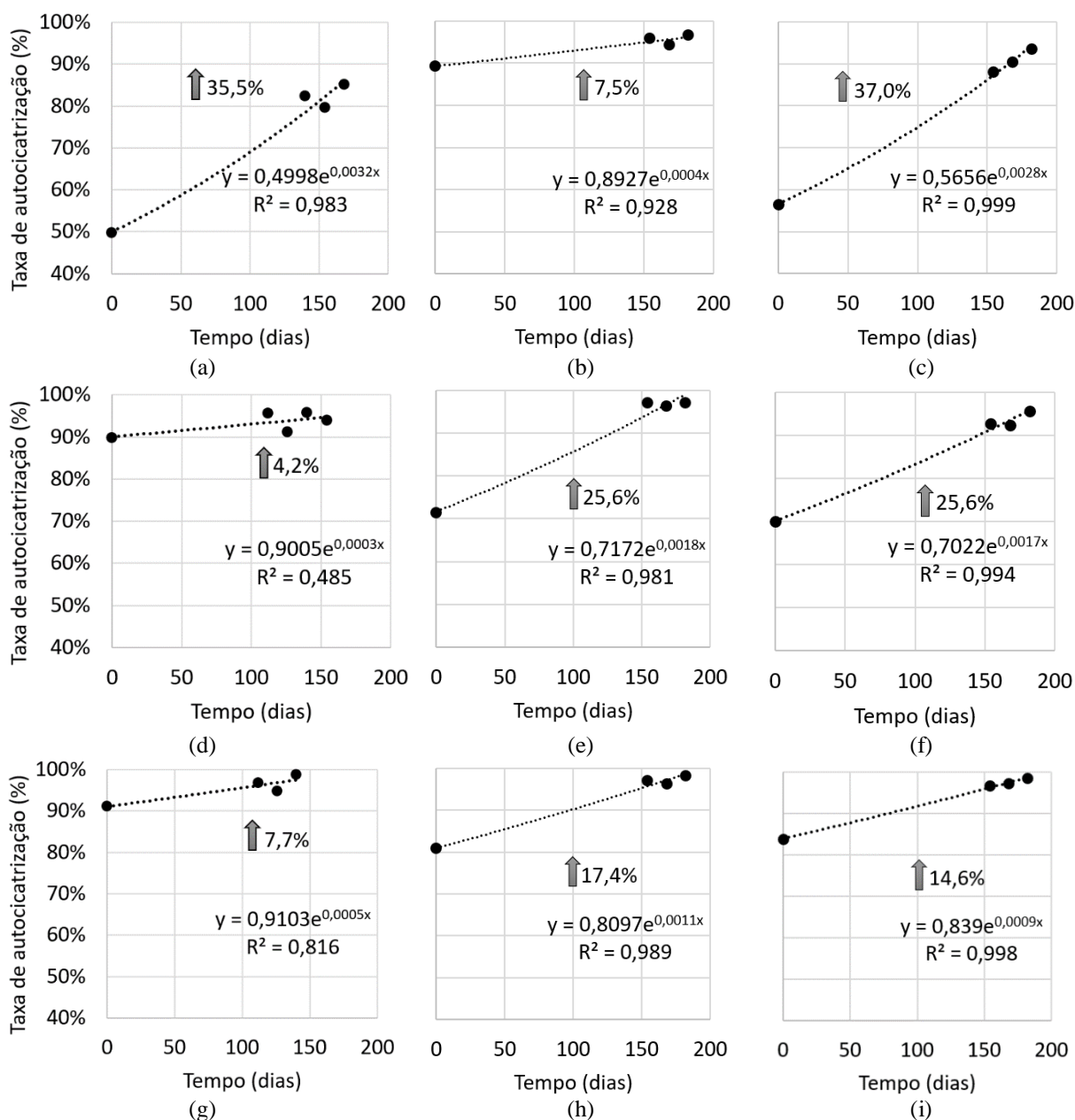
Figura 52 – Compilado da porcentagem da velocidade em relação ao íntegro inicial, com 28 dias de idade de abertura de fissuras, para os diferentes cimentos e relações água/cimento (a) 0,30; (b) 0,40 (c) 0,50



(fonte: própria da autora)

Na Figura 53 estão apresentados esses pontos, além das curvas de tendência com equação exponencial para a idade de abertura de 3 dias, com os diferentes tipos de cimentos apresentados nas colunas, e as diferentes relações água/cimento apresentadas nas linhas.

Figura 53 – Taxa de autocatrização, com 3 dias de idade de abertura de fissuras, para os diferentes cimentos e relações água/cimento (a) CII-F 0,30; (b) CII-V 0,30; (c) CPV 0,30; (d) CII-F 0,40; (e) CII-V 0,40; (f) CPV 0,40; (g) CII-F 0,50; (h) CII-V 0,50; (i) CPV 0,50



(fonte: própria da autora)

Na Figura 53, estão apresentados com maiores taxas de autocatrização os que tem maior dano inicial, ou seja, fissuras maiores no tempo zero, principalmente o CII-F com a/c 0,30, e

o CPV com a/c 0,30, com 35,5% e 37,0%, respectivamente. Analisando esta figura em geral, nota-se que para menores relações água/cimento a taxa tende a ser maior do que para relações água/cimento maiores. No entanto, esse aumento notado com maior ênfase para menores relações água/cimento não significa que o fechamento tenha ocorrido efetivamente, visto que os pontos finais para as relações água/cimento 0,50 se aproximam dos 100% de recuperação, enquanto para menores relações água/cimento o último ponto coletado dista do máximo.

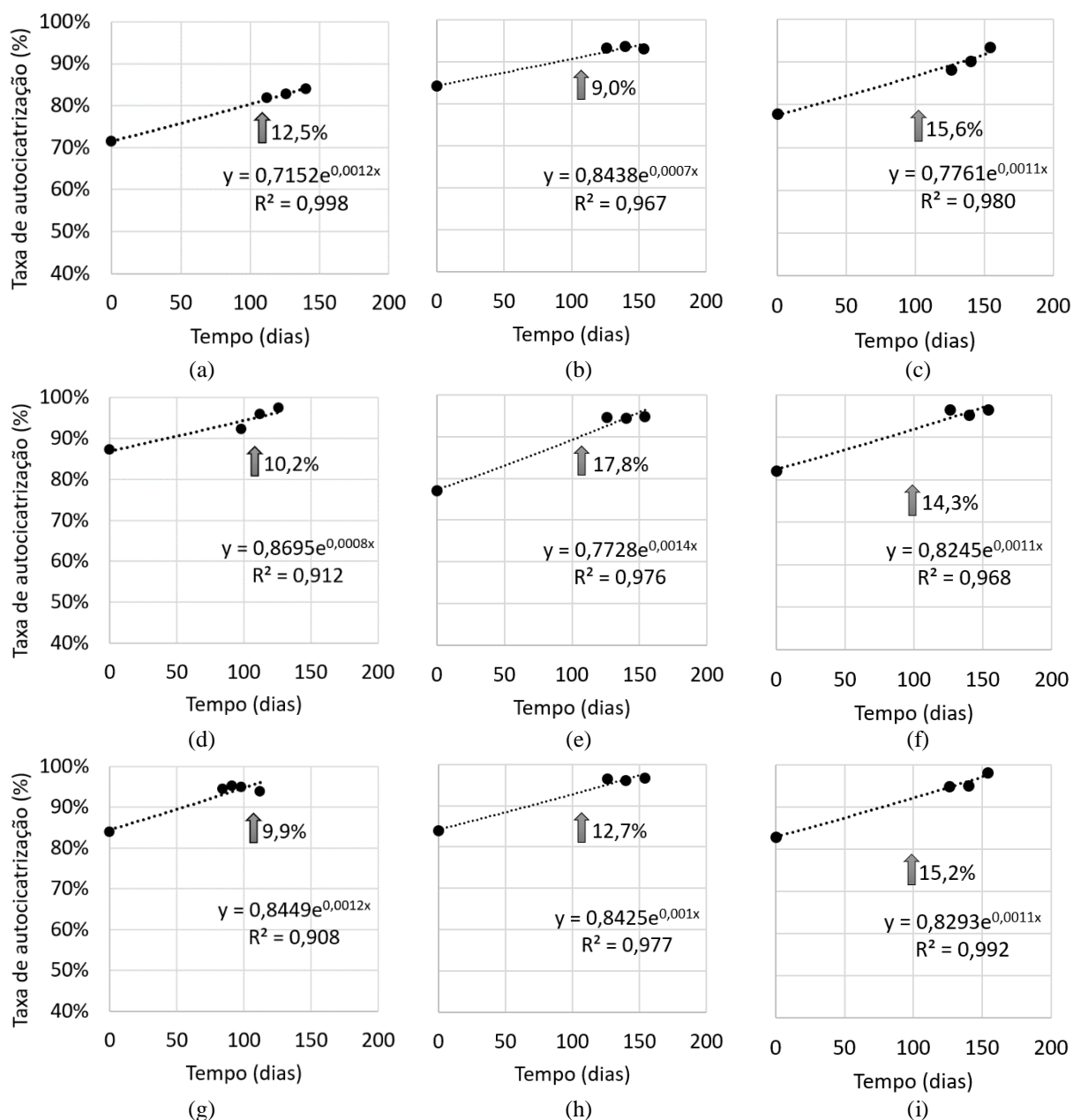
Por exemplo, ainda em relação à Figura 53, calculando-se o CII-F na idade de 182 dias igualmente a última idade apresentada pelo CII-V e CPV de acordo com a curva de tendência, tem-se para o CII-F a/c 0,30 percentagem de velocidade em relação ao íntegro igual a 89,5%, para o CII-V a/c 0,30 sendo 96,7% e para o CPV a/c 0,30 igual a 93,5%; já para a relação água/cimento 0,40, o cimento CII-F apresentou maior taxa aos 182 dias calculados de 95,1%, o CII-V de 97,1% e para o CPV de 95,7%, e para a relação a/c de 0,50 o CII-F calculado para 182 dias apresenta taxa de 99,7%, o CII-V de 98,3% e o CPV de 98,4%.

Assim, percebe-se que mesmo a diferença no ganho de percentagem sendo maior para menores a/c, o valor máximo alcançado é maior para maiores relações água/cimento. Fato esse que coincide com a justificativa de que menores espessuras de fissuras tendem a apresentar a autocatrização com maior eficiência. Da mesma maneira como graus de danos maiores geram fissuras com maiores espessuras, que segundo Zhong e Yao (2008) reduz a potencialidade de autocatrização dos concretos, mesmo se tratando de concretos com maior quantidade de grãos de cimento anidro.

Do mesmo modo que para a idade de 3 dias de abertura, na Figura 54 são apresentados os dados referentes à idade de 28 dias em relação à abertura de fissuras. Nota-se que as maiores taxas de autocatrização apresentadas não são necessariamente em relação aos concretos com relações água/cimento menores, pois depende principalmente do dano inicial gerado. Na relação água/cimento 0,30, para o CII-F, calculado a partir da curva de tendência para a idade de 154 dias, a fim de igualar com a última idade do CII-V e CPV, tem-se 86,0%, para o CII-V tem-se 93,2% e para o CPV tem-se 93,4%. Já para a relação água/cimento de 0,40, tem-se para o CII-F calculado 98,4%, para o CII-V 94,8% e para o CPV 96,5%. E para a relação água/cimento de 0,50, o CII-F obteria o valor de 101,6%, demonstrando erro na linha tendência, visto que o valor não pode ultrapassar os 100%, neste caso, uma maior quantidade

de idades analisadas é necessária para adequação da linha de tendência. Por fim, o CPIV obteve 94,8% e o CPV 98,1%.

Figura 54 – Taxa de autocatrização, com 28 dias de idade de abertura de fissuras, para os diferentes cimentos e relações água/cimento (a) CPII-F 0,30; (b) CPIV 0,30; (c) CPV 0,30; (d) CPII-F 0,40; (e) CPIV 0,40; (f) CPV 0,40; (g) CPII-F 0,50; (h) CPIV 0,50; (i) CPV 0,50



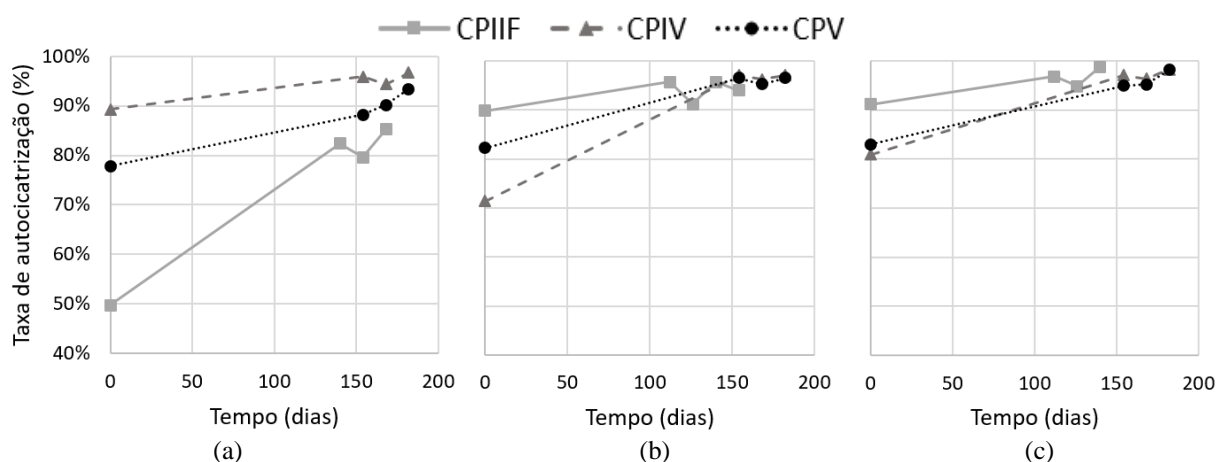
(fonte: própria da autora)

Huang (2015) demonstrou em sua tese que relações água/cimento de 0,30 para as pastas analisadas com fissuras de espessuras entre 0,1 e 0,3mm obtiveram 28% de autocatrização autógena nos primeiros 8 dias após cura em água. Isso contribui com o aumento da

durabilidade, mesmo que as fissuras não sejam totalmente preenchidas, visto que a redução de espessura, ao atingir o limite mínimo para entrada de agentes agressivos, como demonstrados em alguns trabalhos, entre 0,012 a 0,05mm, impede o comprometimento da vida útil pelo bloqueio da entrada de agentes agressivos (YOON et al., 2007; JANG et al., 2011). Nesse trabalho não ficaram claros os resultados para afirmar qual o cimento mais eficiente, para qual relação água/cimento ou para qual idade de abertura há maior poder de autocicatrização. No entanto, fica evidente que, independente dessas combinações, todos os concretos estudados apresentam potencial de autocicatrização, o que pode contribuir para o aumento da vida útil das estruturas.

Os dados apresentados na Figura 53 e 54 foram compilados para serem apresentados juntos os três tipos de cimento para uma mesma relação água/cimento. Assim, na Figura 55 estão apresentados os dados compilados para a idade de abertura de 3 dias, na qual é possível observar a redução da fissura devido ao aumento na taxa de autocicatrização em ambos os casos. Pode-se salientar que o cimento CPIV apresenta comportamento mais homogêneo, independentemente do dano inicial causado, alcançando taxas semelhantes para as três relações água/cimento. O cimento CPV demonstra essa melhoria mais evidente apenas para as relações água/cimento 0,40 e 0,50, já o cimento CPII-F apresenta maior variabilidade nos dados obtidos, além de ter idades inferiores de coleta de dados.

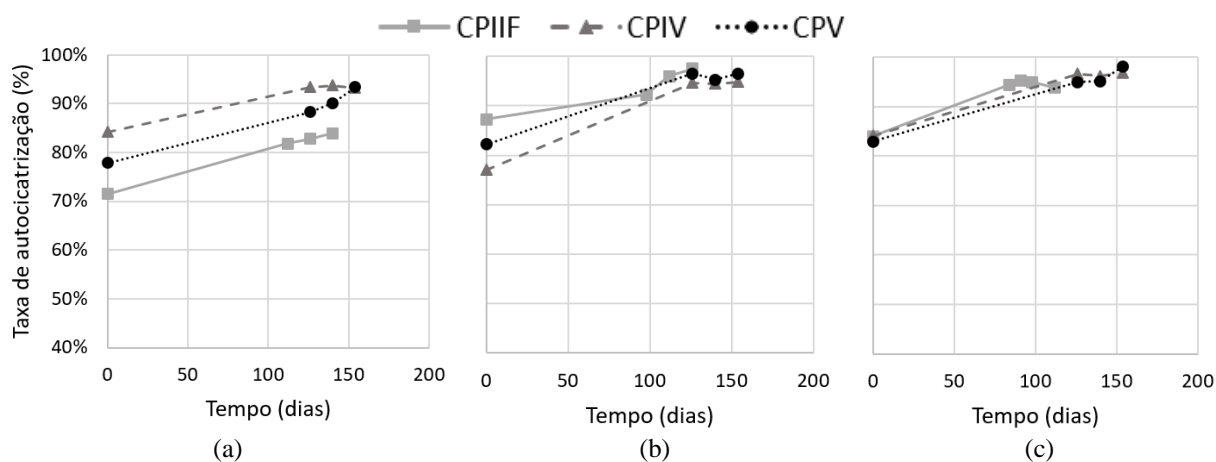
Figura 55 – Taxa de autocicatrização compilada para os diferentes cimentos, com 3 dias de idade de abertura de fissuras, para os diferentes cimentos para as relações água/cimento de: (a) 0,30; (b) 0,40; (c) 0,50



(fonte: própria da autora)

Na Figura 56 estão apresentados os dados compilados para idade de abertura de 28 dias. Do mesmo modo que demonstrado anteriormente, nota-se que a variação entre os tipos de cimentos fica menor comparado com a idade de abertura aos 3 dias, mantendo todos os cimentos em curvas semelhantes de taxa de autocicatrização, apenas o cimento CPII-F para a relação a/c 0,40 teve comportamento diferenciado.

Figura 56 – Taxa de autocicatrização compilada para os diferentes cimentos, com 28 dias de idade de abertura de fissuras, para os diferentes cimentos para as relações água/cimento de: (a) 0,30; (b) 0,40; (c) 0,50



(fonte: própria da autora)

Zhong e Yao (2008) utilizaram o método de velocidade de propagação de onda ultrassônica para medir o grau do dano causado antes e após a fissuração devido à redução desta propriedade, assim como desenvolvido nesse trabalho. Os autores relatam que para o mesmo grau de dano, as amostras fissuradas mais cedo têm as propriedades mecânicas e ultrassônicas melhor recuperadas durante o acompanhamento de 60 dias. Fato este que não fica claro, quando se observa o comportamento por mais tempo, como no caso desse trabalho, visto que se fossem acompanhadas as amostras até idades menores, não seria possível obter o conhecimento sobre o declínio nas velocidades após certa idade de acompanhamento, em torno de 80 dias para os concretos fissurados aos 3 dias, e em torno de 60 dias para os concretos fissurados aos 28 dias.

Em trabalhos que se relata a autocicatrização em pequenas idades, como resultados bastante satisfatórios após somente três ciclos consecutivos (LI E YANG, 2007; YU E YANG, 2010), ou ainda quatro a cinco ciclos para obter completa autocicatrização (YANG et al., 2009), as

condições são específicas com fissuras abaixo de 0,15mm, argamassa de compósitos cimentícios, e sem renovação da água de ciclos.

Outro fato que pode ter influenciado no comportamento dos ciclos, no entanto, sendo intrínsecos aos três tipos de cimentos, são as condições da câmara de ciclagem, visto que pode haver redução na autocicatrização em ciclos que tiverem elevação da temperatura no período de secagem, segundo o trabalho de Yang et al. (2009). A temperatura de secagem se manteve em torno de 30° C, no entanto, a água utilizada nos ciclos em dias muito frios pode ter ocasionado uma maior variação de gradiente de temperatura entre as fases do ciclo.

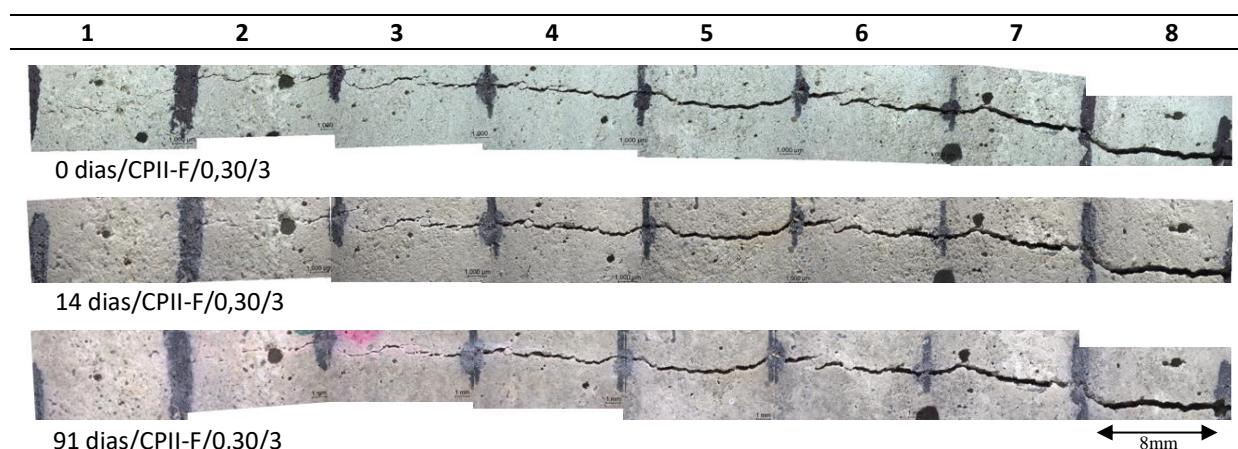
4.2.4 Visualização e determinação da autocicatrização: microscopia ótica

A visualização e determinação da autocicatrização nas fissuras foi adquirida com o auxílio do microscópio ótico, nos mesmos corpos de prova utilizados para o ensaio de velocidade de propagação de onda ultrassônica, com leitura direta do pulso ultrassônico. No entanto, executadas em apenas duas amostras por combinação. A análise será apresentada de maneira qualitativa previamente, seguida pela análise quantitativa.

O fechamento por autocicatrização autógena demonstrado por imagens de microscopia ótica está relacionado, principalmente, à formação de carbonato de cálcio (CaCO_3) proveniente da lixiviação do hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2) (WU et al., 2012; QIAN et al., 2010; HUANG, 2014; SNOECK et al., 2016), podendo ser também por formação de hidratos de silicato de cálcio (C-S-H) (KAN, 2012; SNOECK et al., 2016). A precipitação do carbonato de cálcio depende da temperatura, do pH e da concentração dos reagentes, sendo o produto com maior contribuição para a autocicatrização das fissuras (DE ROOIJ et al., 2013).

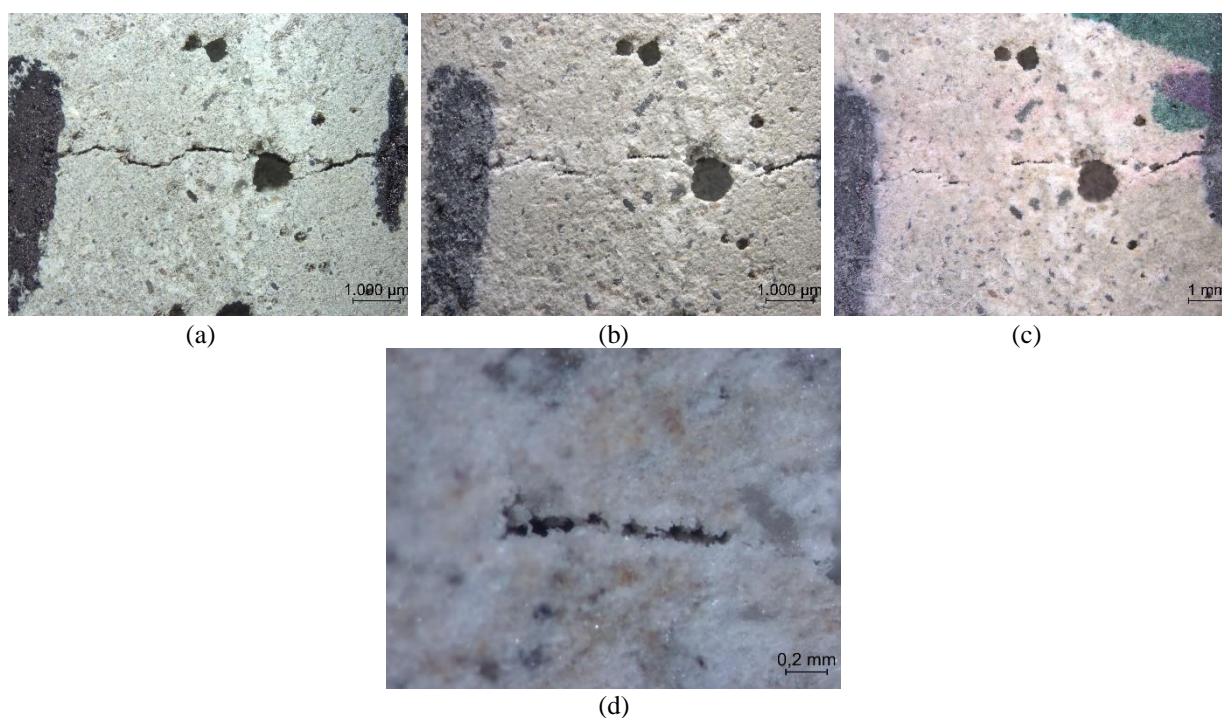
Na Figura 57 está apresentada a combinação para a amostra CPII-F/0,30/3 com espessura média de 0,1975mm, e na Figura 58 é dado destaque a um trecho referente a essa combinação. Nota-se, por análise visual, que há formação de produtos entre as zonas 1 e 4, nas quais as espessuras são menores, com fechamento mais expressivo nas zonas 1 e 2, sendo a zona 2 demonstrada na Figura 58, com detalhe para possível precipitação de CaCO_3 (Figura 58d), ocasionando fechamento por autocicatrização em alguns trechos.

Figura 57 – Acompanhamento por microscopia ótica aos 0, 14 e 91 dias do CII-F, a/c 0,30, para 3 dias de idade de abertura de fissuras



(fonte: própria da autora)

Figura 58 – Imagem de microscopia ótica para a zona 2 do CII-F, a/c 0,30, para 3 dias de idade de abertura de fissura (a) 0 dias; (b) 14 dias; (c) 91 dias; (d) detalhe de fechamento, resolução 3,2x

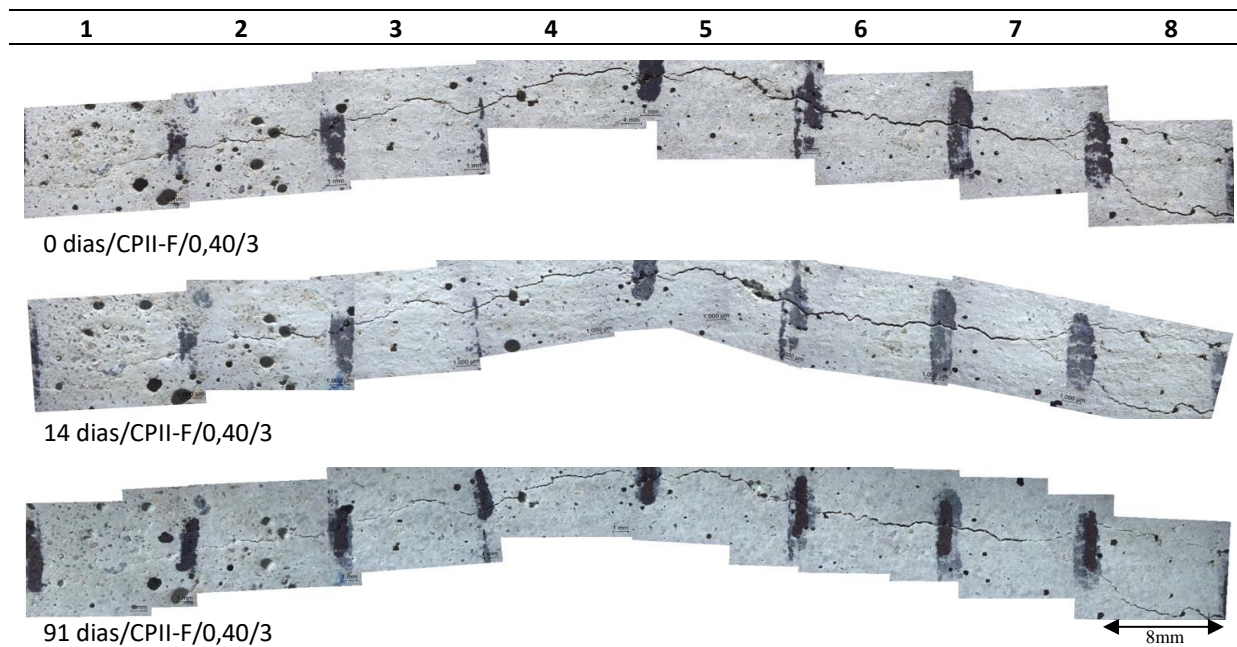


(fonte: própria da autora)

Na Figura 59 está apresentada a combinação para a amostra CII-F/0,40/3 com espessura média de 0,0938mm, e na Figura 60 é dado destaque a um trecho referente a essa combinação, no qual se percebe fechamento em trechos onde a fissura é menos espessa. Nessa situação, desde o tempo zero até a idade de 91 dias, tem-se o fechamento nas zonas 1 a 3, parte da 7 e 8. A zona 7 é destacada na Figura 60d, na qual é possível observar com maior resolução o

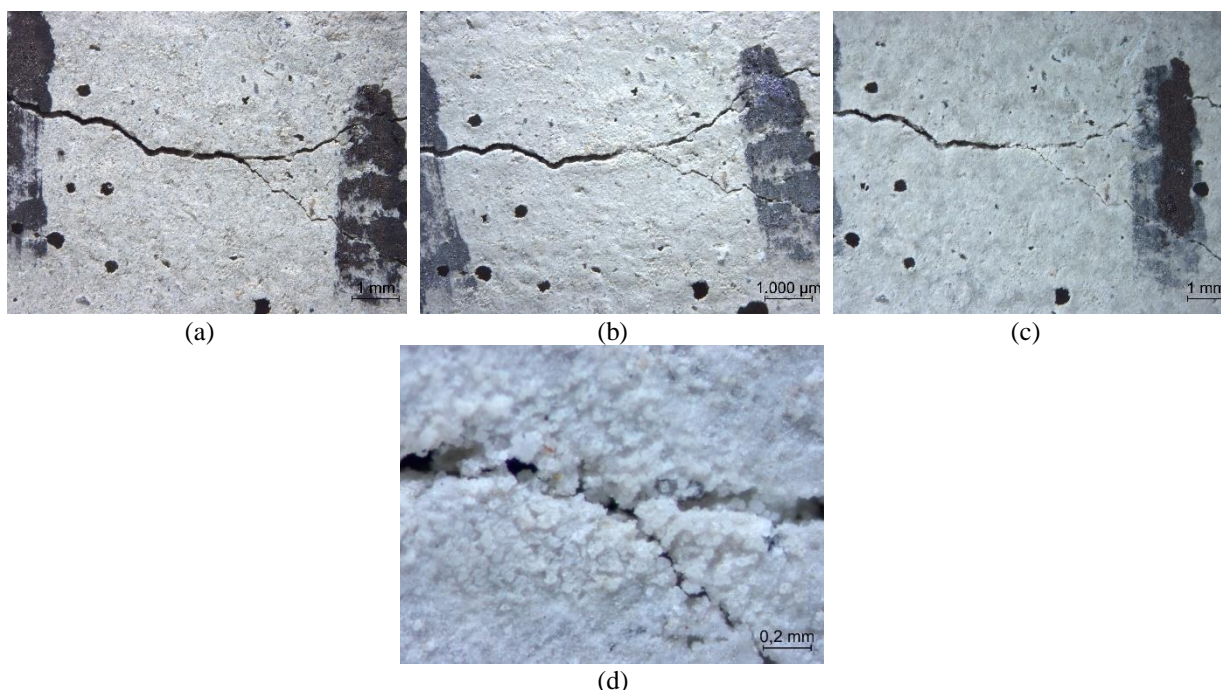
produto que ocasiona a autocatrização das fissuras, possivelmente se trata da precipitação do CaCO_3 , resultante da lixiviação do Ca(OH)_2 .

Figura 59 – Acompanhamento por microscopia ótica aos 0, 14 e 91 dias do CII-F, a/c 0,40 para 3 dias de idade de abertura de fissuras



(fonte: própria da autora)

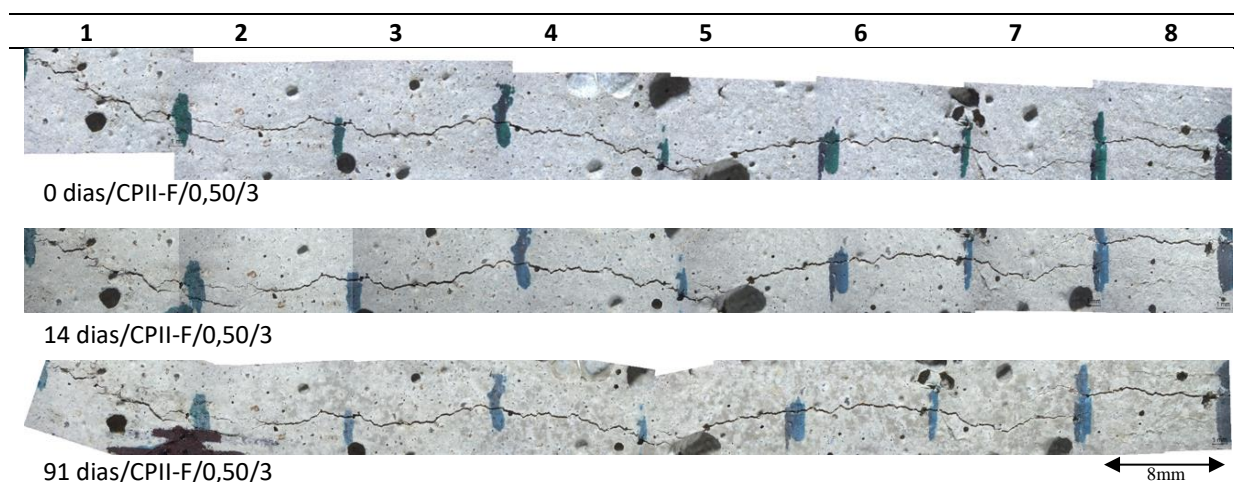
Figura 60 – Imagem de microscopia ótica para a zona 7 do CII-F, a/c 0,40, para 3 dias de idade de abertura de fissura (a) 0 dias; (b) 14 dias; (c) 91 dias; (d) detalhe de fechamento, resolução 4x



(fonte: própria da autora)

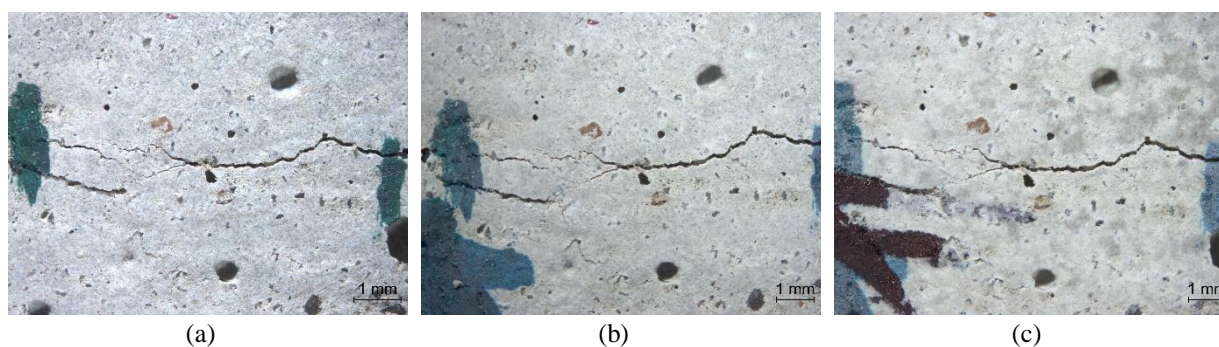
Na Figura 61 está apresentada a combinação para a amostra CII-F/0,50/3 com espessura média de 0,0888mm, e na Figura 62 é dado destaque a um trecho referente a essa combinação. Nesta situação não foram percebidas grandes alterações visuais ao longo do tempo. Entre a imagem de zero dias para a de 14 e 91 dias notam-se apenas alguns produtos formados internamente à fissura ou no interior dos poros, mas com pouca evidência apesar da pequena espessura dessa amostra.

Figura 61 – Acompanhamento por microscopia ótica aos 0, 14 e 91 dias do CII-F, a/c 0,50 para 3 dias de idade de abertura de fissuras



(fonte: própria da autora)

Figura 62 – Imagem de microscopia ótica para a zona 2 do CII-F, a/c 0,50, para 3 dias de idade de abertura de fissura (a) 0 dias; (b) 14 dias; (c) 91 dias

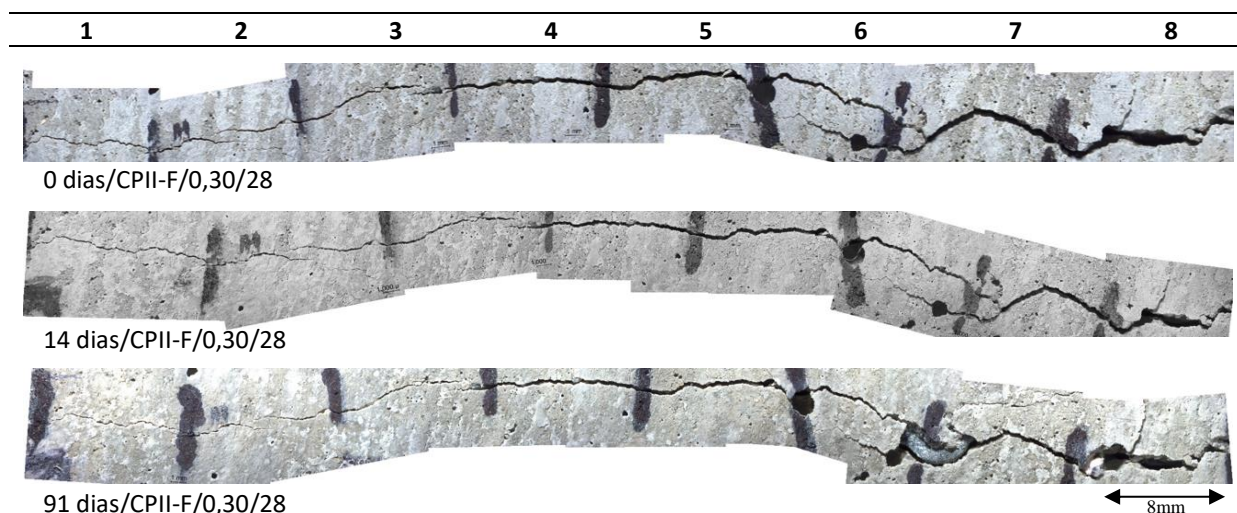


(fonte: própria da autora)

Na Figura 63 está apresentada a combinação para a amostra CII-F/0,30/28 com espessura média de 0,2028mm, e na Figura 64 é dado destaque a um trecho referente a essa combinação. Se evidencia redução da espessura entre as zonas 1 e 3, sendo a lateral na qual a fissura apresenta menor espessura. Já nas demais zonas notam-se produtos internos e inseridos nos poros, mas sem fechamento superficial. Pelo destaque em maior resolução apresentado na

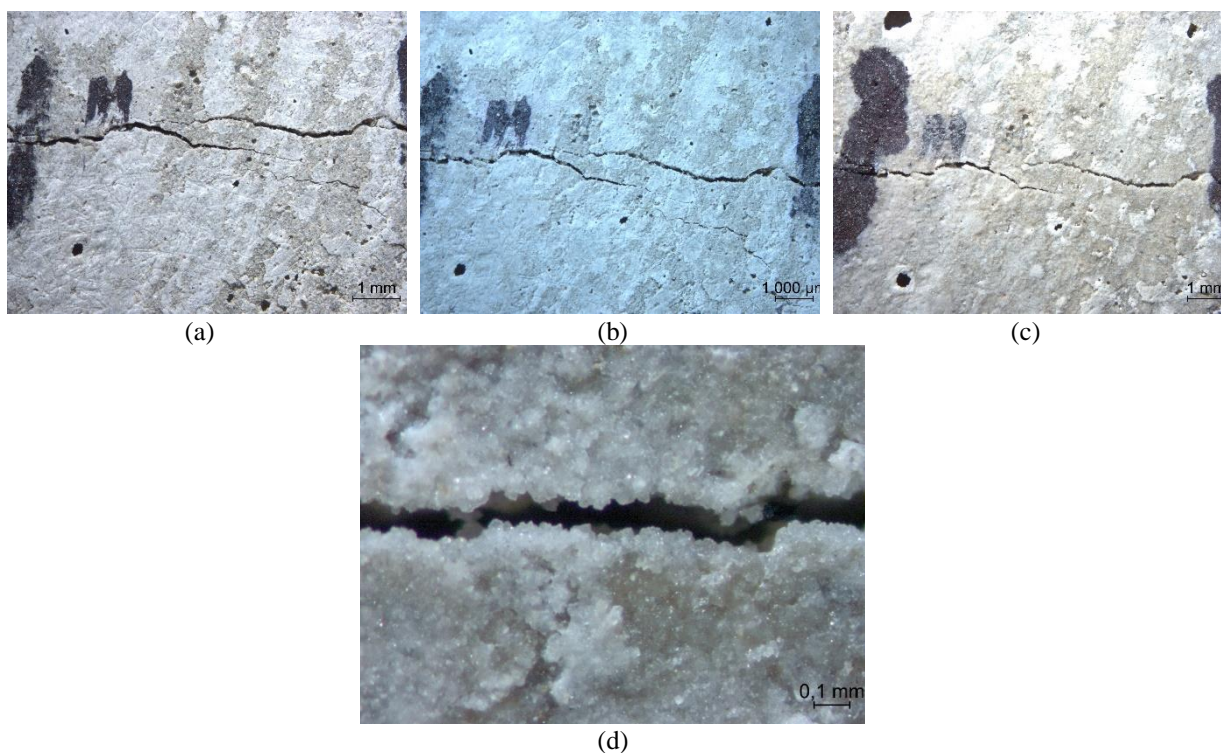
Figura 64d, observa-se acúmulo de produto precipitado próximo à abertura da fissura, possivelmente CaCO_3 , o que é descrito por Sisomphon et al. (2012), e se deve ao fato da maior concentração de CO_3^{2-} perto da abertura superficial.

Figura 63 – Acompanhamento por microscopia ótica aos 0, 14 e 91 dias do CII-F, a/c 0,30 para 28 dias de idade de abertura de fissuras



(fonte: própria da autora)

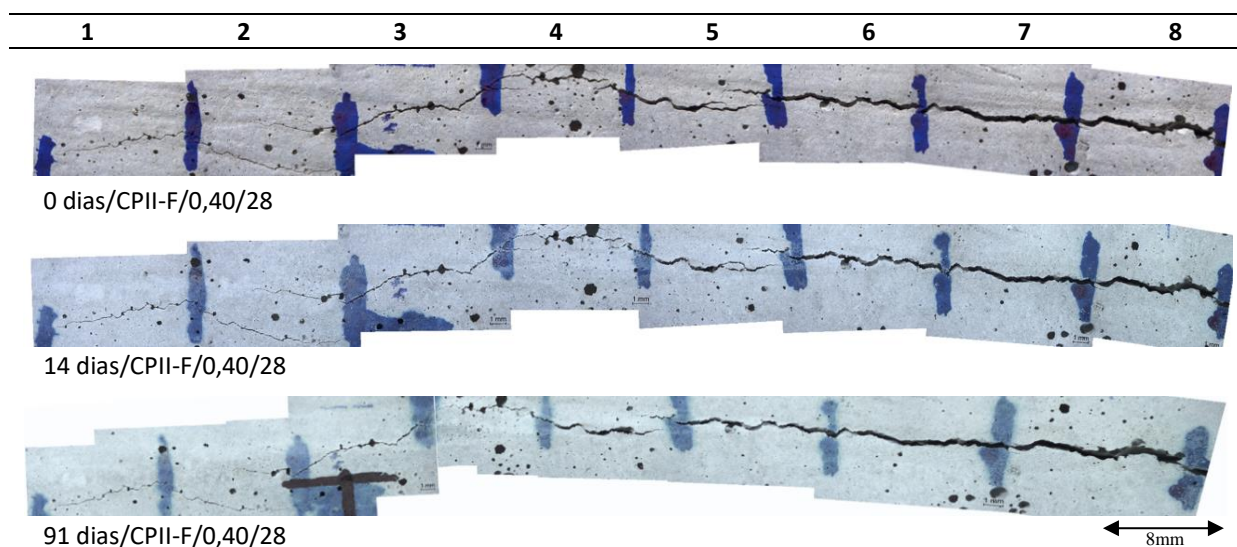
Figura 64 – Imagem de microscopia ótica para a zona 2 do CII-F, a/c 0,30, para 28 dias de idade de abertura de fissura (a) 0 dias; (b) 14 dias; (c) 91 dias; (d) detalhe de fechamento, resolução 5x



(fonte: própria da autora)

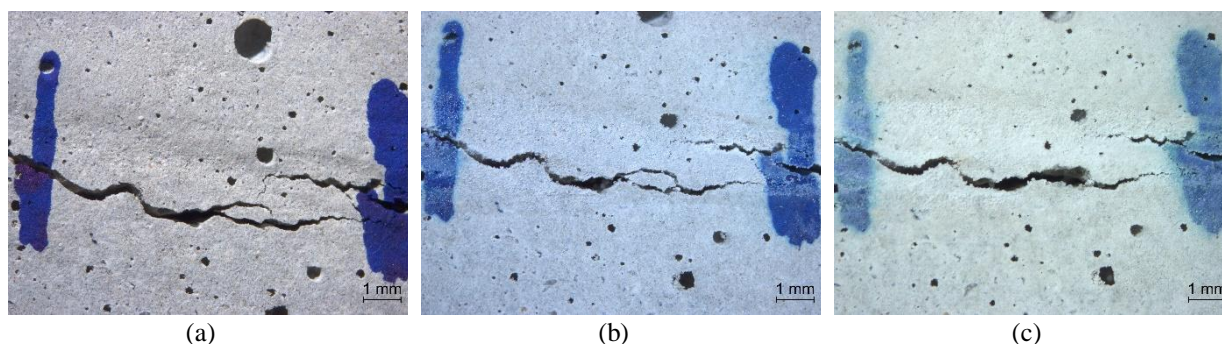
Na Figura 65 está apresentada a combinação para a amostra CII-F/0,40/28 com espessura média de 0,3296mm, e na Figura 66 é dado destaque a um trecho referente a essa combinação. Nessa amostra não é perceptível fechamento da fissura, apenas formação de produtos internamente à abertura.

Figura 65 – Acompanhamento por microscopia ótica aos 0, 14 e 91 dias do CII-F, a/c 0,40 para 28 dias de idade de abertura de fissuras



(fonte: própria da autora)

Figura 66 – Imagem de microscopia ótica para a zona 5 do CII-F, a/c 0,40, para 28 dias de idade de abertura de fissura (a) 0 dias; (b) 14 dias; (c) 91 dias

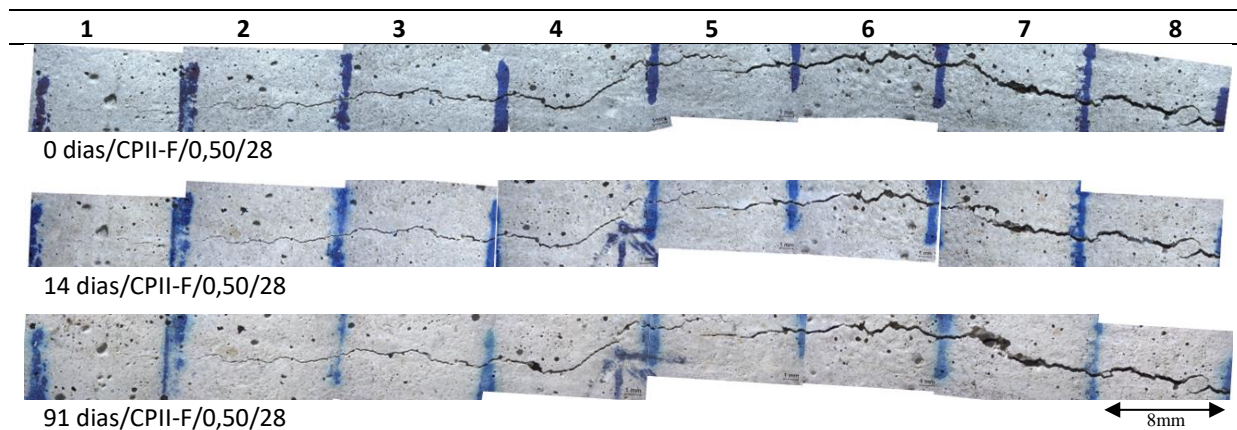


(fonte: própria da autora)

Na Figura 67 está apresentada a combinação para a amostra CII-F/0,50/28 com espessura média de 0,1555mm, e na Figura 68 é dado destaque a um trecho referente a essa combinação. Nota-se diferença visual ao longo do tempo para as zonas 1 a 5. Na Figura 68d é dada ênfase na formação dos produtos internamente à matriz. Na zona 7 é possível observar também que há desprendimento de um trecho da amostra aos 91 dias, a lixiviação com formação de cristais

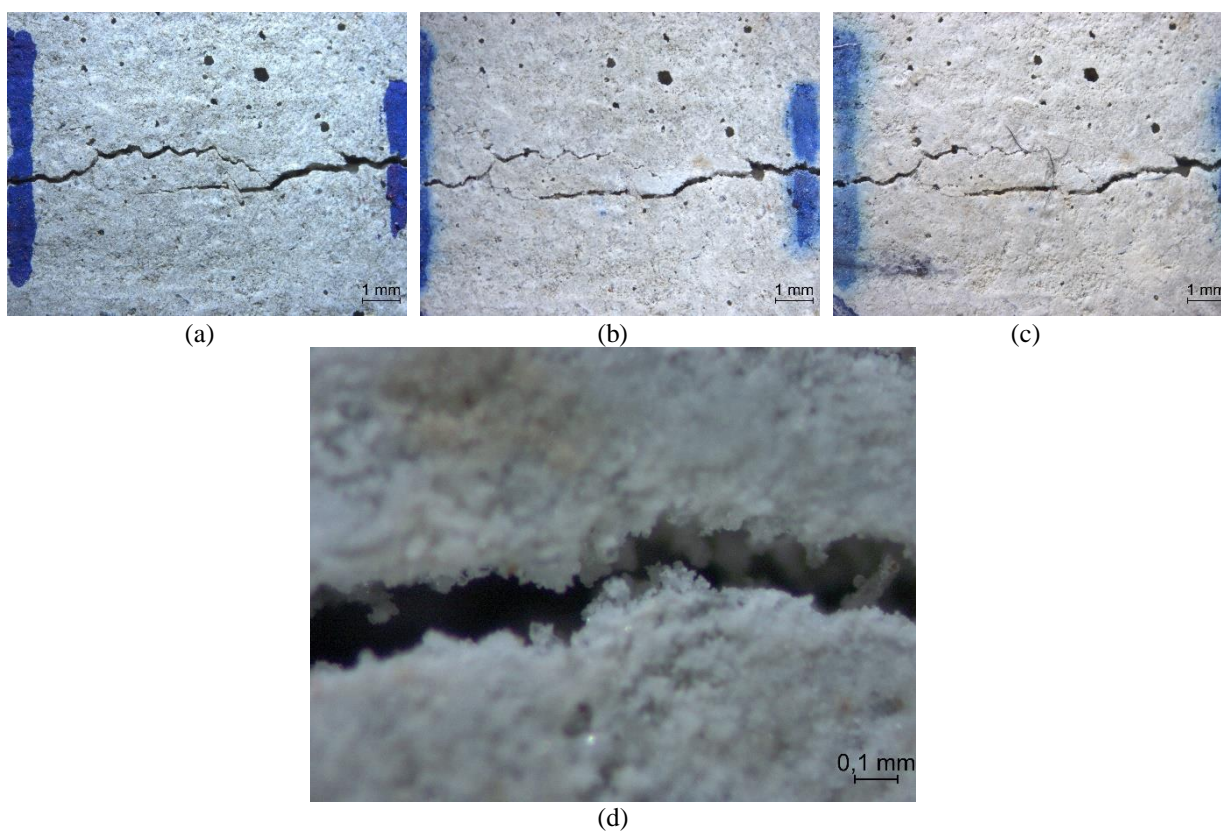
de carbonato de cálcio pode ter corroborado com o enfraquecimento e degradação neste ponto.

Figura 67 – Acompanhamento por microscopia ótica aos 0, 14 e 91 dias do CII-F, a/c 0,50 para 28 dias de idade de abertura de fissuras



(fonte: própria da autora)

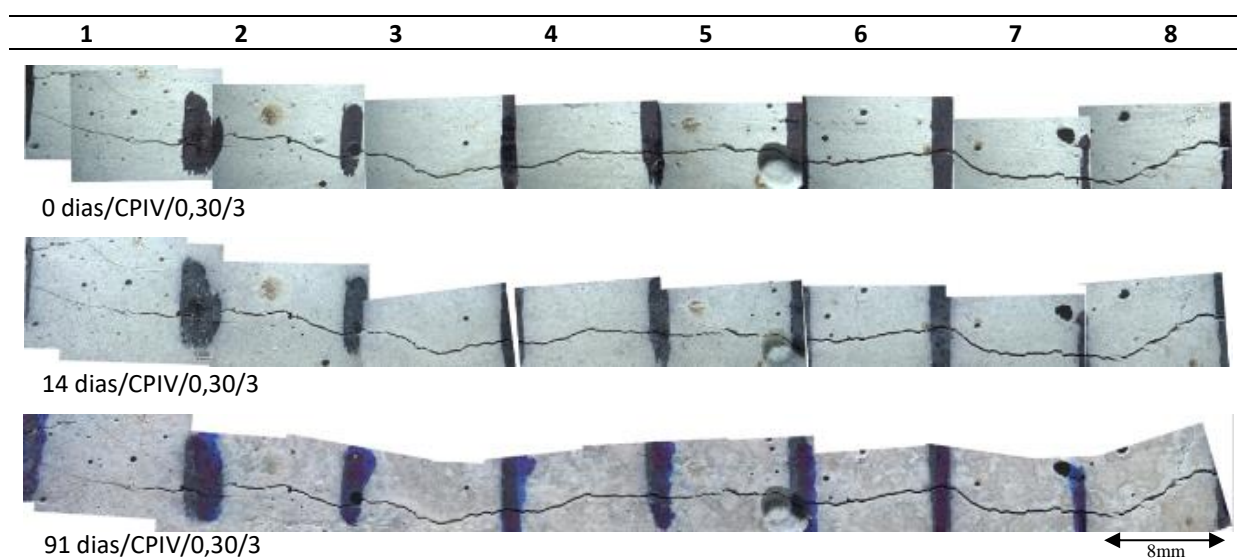
Figura 68 – Imagem de microscopia ótica para a zona 5 do CII-F, a/c 0,50, para 28 dias de idade de abertura de fissura (a) 0 dias; (b) 14 dias; (c) 91 dias; (d) detalhe de fechamento, resolução 5x



(fonte: própria da autora)

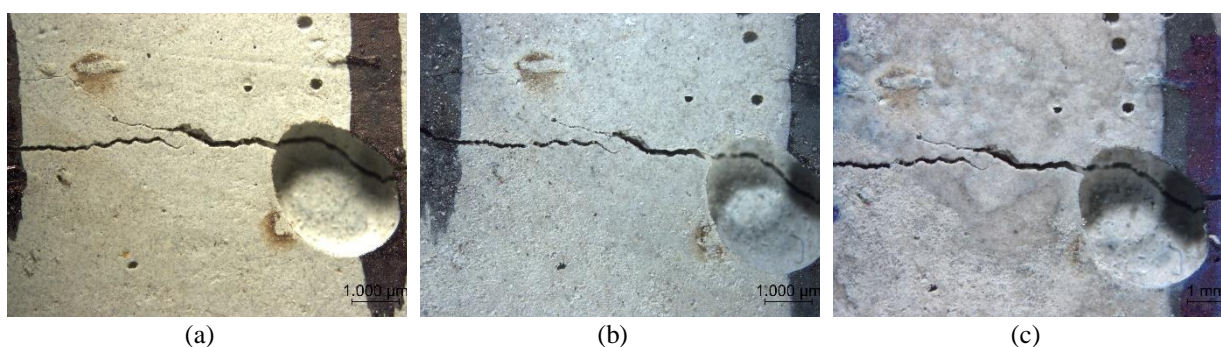
Na sequência serão apresentadas as imagens referentes ao cimento com teor de material pozolânico utilizado nessa pesquisa, para as três relações água/cimento e as duas idades de abertura de fissuras. A Figura 69 apresenta a combinação para a amostra CPIV/0,30/3 com espessura média de 0,1054mm, e na Figura 70 é dado destaque a um trecho referente a essa combinação. Nota-se que não é possível verificar fechamento por observação visual, mesmo para a imagem ampliada não se percebe a quantidade de produtos carbonatados na superfície como no cimento CII-F demonstrado anteriormente.

Figura 69 – Acompanhamento por microscopia ótica aos 0, 14 e 91 dias do CPIV, a/c 0,30 para 3 dias de idade de abertura de fissuras



(fonte: própria da autora)

Figura 70 – Imagem de microscopia ótica para a zona 5 do CPIV, a/c 0,30, para 3 dias de idade de abertura de fissura (a) 0 dias; (b) 14 dias; (c) 91 dias

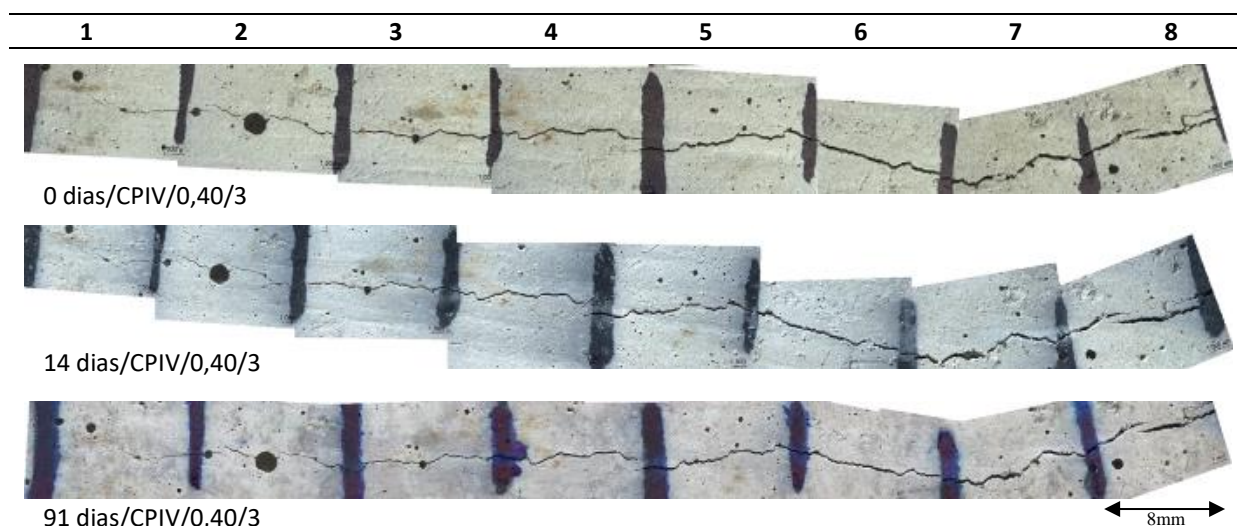


(fonte: própria da autora)

Na Figura 71 está apresentada a combinação para a amostra CPIV/0,40/3 com espessura média de 0,1070mm. Na sequência ao longo do tempo observa-se, apenas na zona 1 e 2,

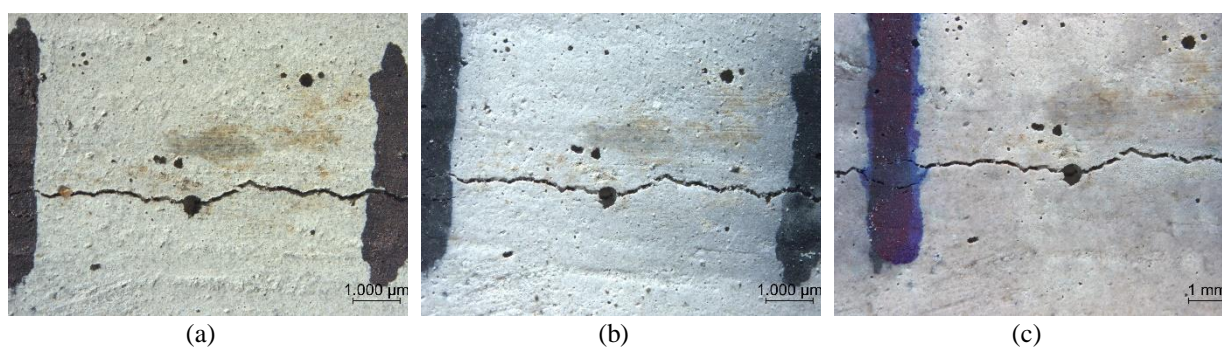
algum tipo de produto formado que apresentou um pequeno fechamento da fissura, mas sendo nessa a espessura bem reduzida. Quando analisada a zona 5 apresentada na Figura 72 não é possível observar fechamento, apenas uma coloração mais esbranquiçada próximo à abertura da fissura.

Figura 71 – Acompanhamento por microscopia ótica aos 0, 14 e 91 dias do CPIV, a/c 0,40 para 3 dias de idade de abertura de fissuras



(fonte: própria da autora)

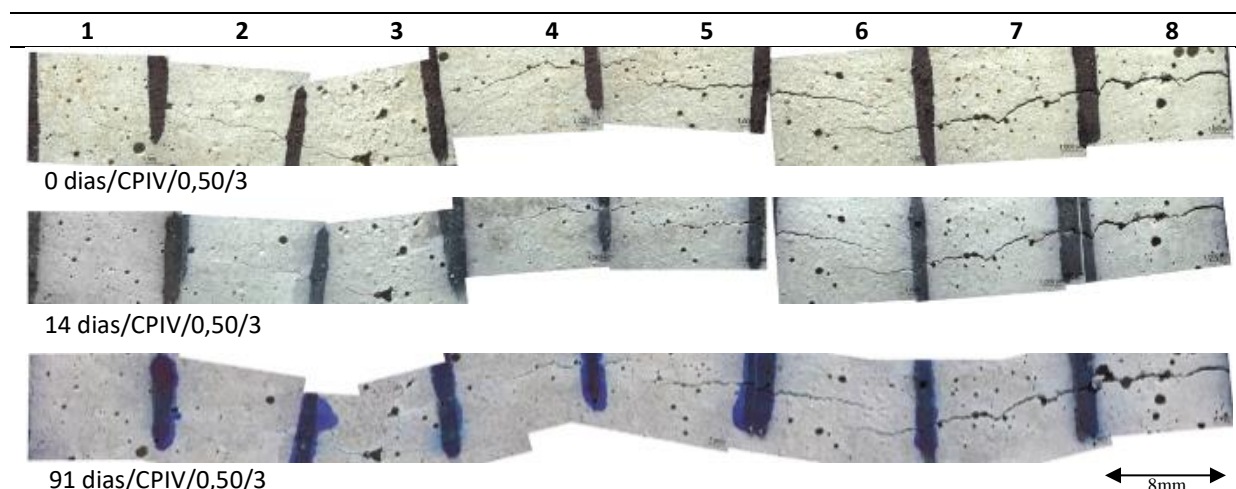
Figura 72 – Imagem de microscopia ótica para a zona 5 do CPIV, a/c 0,40, para 3 dias de idade de abertura de fissura (a) 0 dias; (b) 14 dias; (c) 91 dias



(fonte: própria da autora)

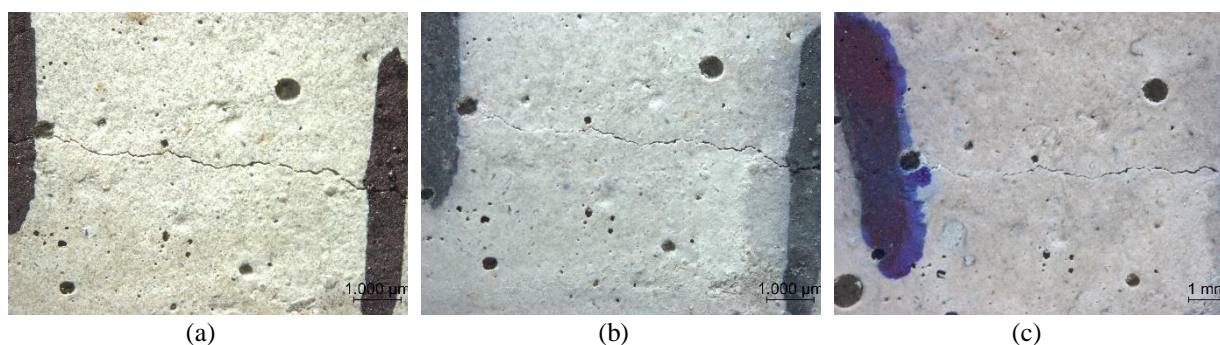
Na Figura 73 está apresentada a combinação para a amostra CPIV/0,50/3 com espessura média de 0,0596mm. Entre a zona 1 e 4 pode-se ver que a fissura é selada ao longo tempo, sendo notado produto formado também na zona 5 e 6. Na Figura 74 é dado destaque a um trecho referente a essa combinação, o qual foi selado por produtos de autocicatrização.

Figura 73 – Acompanhamento por microscopia ótica aos 0, 14 e 91 dias do CPIV, a/c 0,50 para 3 dias de idade de abertura de fissuras



(fonte: própria da autora)

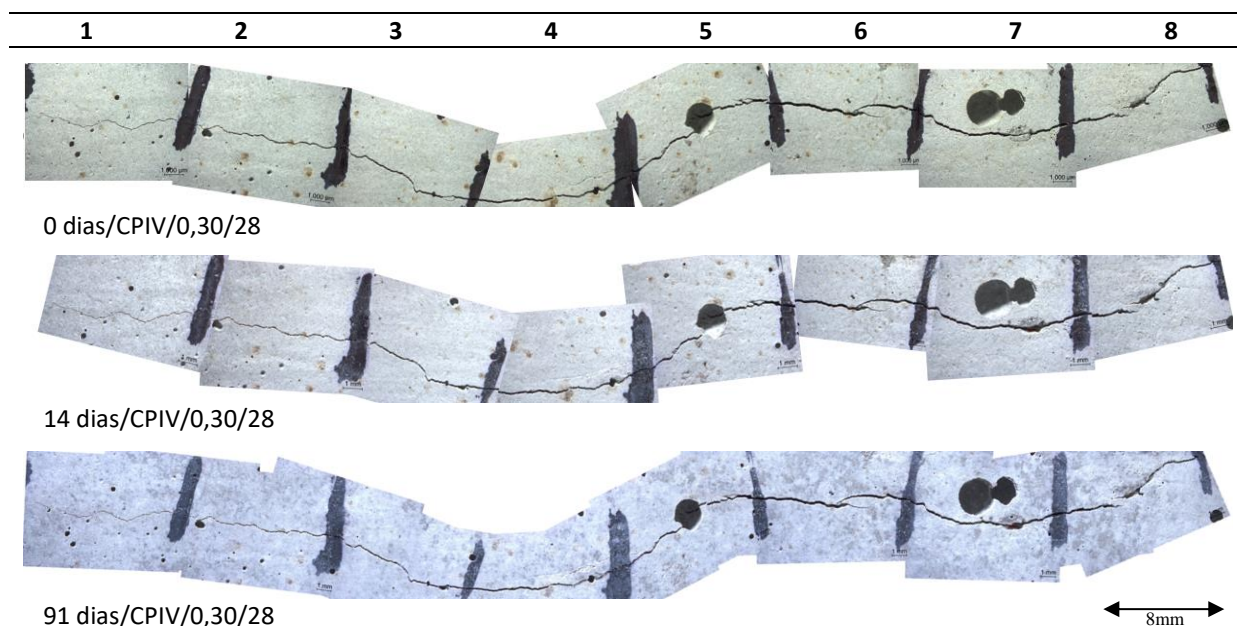
Figura 74 – Imagem de microscopia ótica para a zona 2 do CPIV, a/c 0,50, para 3 dias de idade de abertura de fissura (a) 0 dias; (b) 14 dias; (c) 91 dias



(fonte: própria da autora)

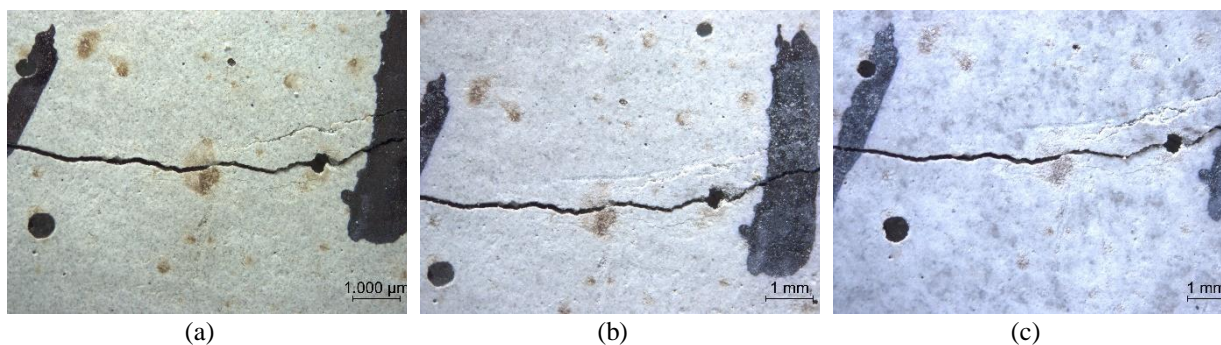
Na Figura 75 está apresentada a combinação para a amostra CPIV/0,30/28 com espessura média de 0,1053mm, e na Figura 76 é dado destaque a um trecho referente a essa combinação. Para esta combinação não fica evidente fechamento da fissura por produtos de autocicatrização.

Figura 75 – Acompanhamento por microscopia ótica aos 0, 14 e 91 dias do CPIV, a/c 0,30 para 28 dias de idade de abertura de fissuras



(fonte: própria da autora)

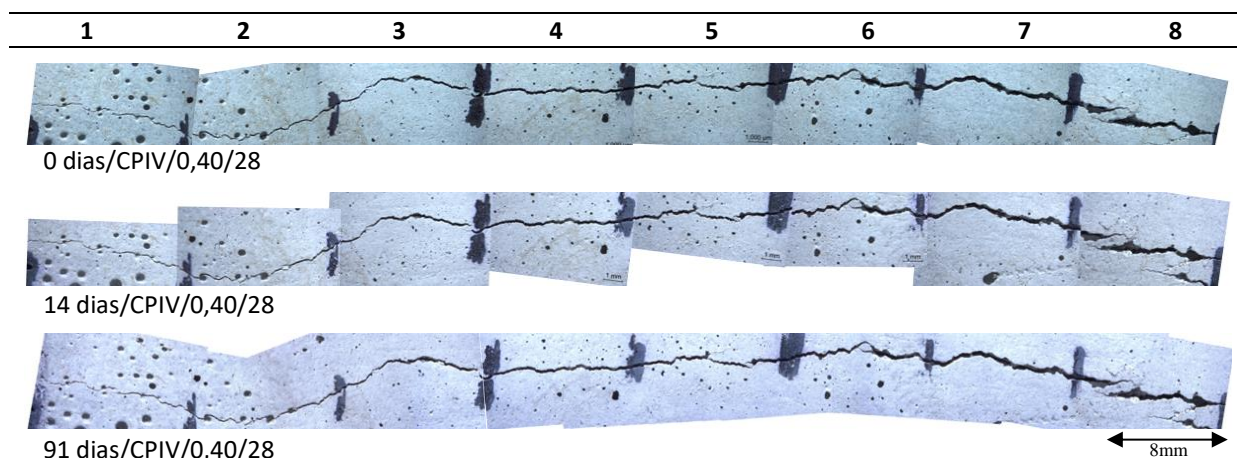
Figura 76 – Imagem de microscopia ótica para a zona 4 do CPIV, a/c 0,30, para 28 dias de idade de abertura de fissura (a) 0 dias; (b) 14 dias; (c) 91 dias; (d) detalhe de fechamento, resolução 5x



(fonte: própria da autora)

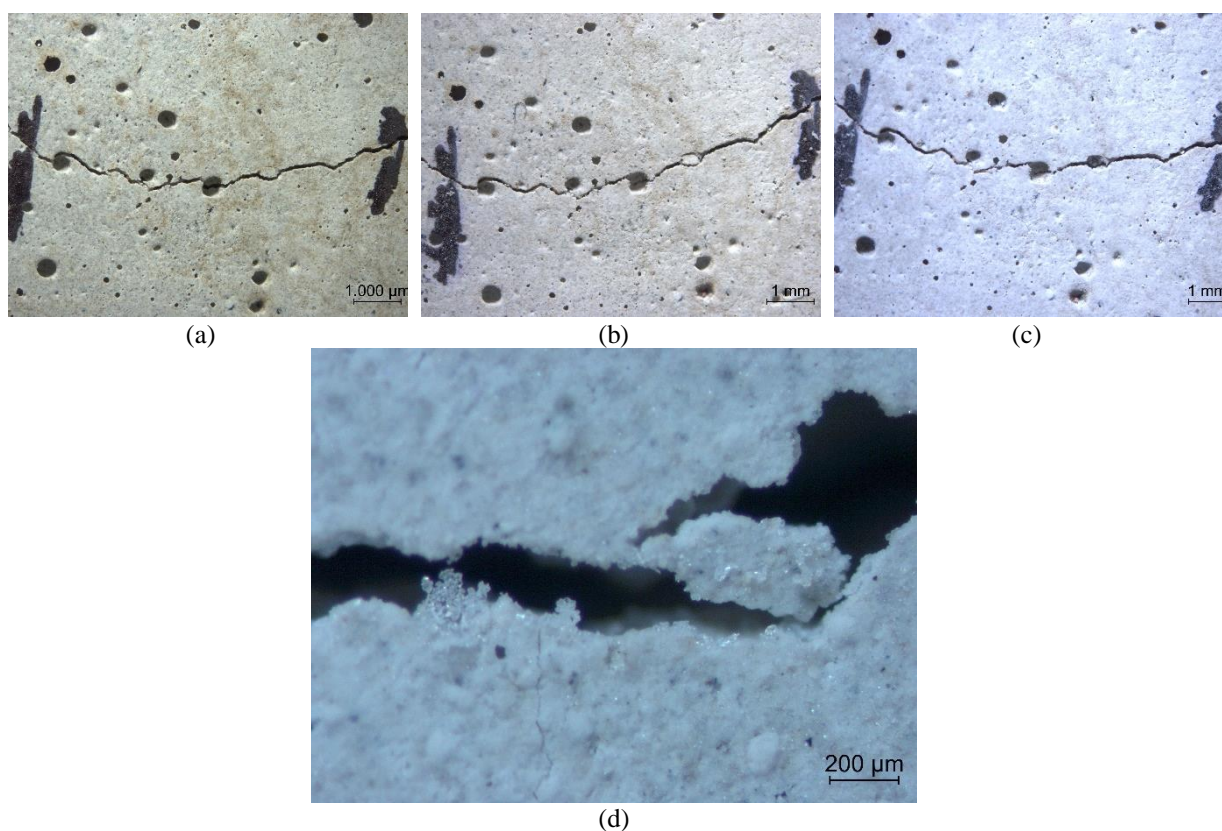
Na Figura 77 está apresentada a combinação para a amostra CPIV/0,40/28 com espessura média de 0,1170mm, na qual não se observa fechamento da fissura ao longo do tempo. E na Figura 78 é dado destaque a um trecho referente a essa combinação. Somente por meio da ampliação demonstrada na Figura 78d é que se torna possível verificar a formação de alguns cristais no interior da matriz, mas oferecendo poucos benefícios de autocicatrização.

Figura 77 – Acompanhamento por microscopia ótica aos 0, 14 e 91 dias do CPIV, a/c 0,40 para 28 dias de idade de abertura de fissuras



(fonte: própria da autora)

Figura 78 – Imagem de microscopia ótica para a zona 2 do CPIV, a/c 0,40, para 28 dias de idade de abertura de fissura (a) 0 dias; (b) 14 dias; (c) 91 dias; (d) detalhe de fechamento, resolução 4x

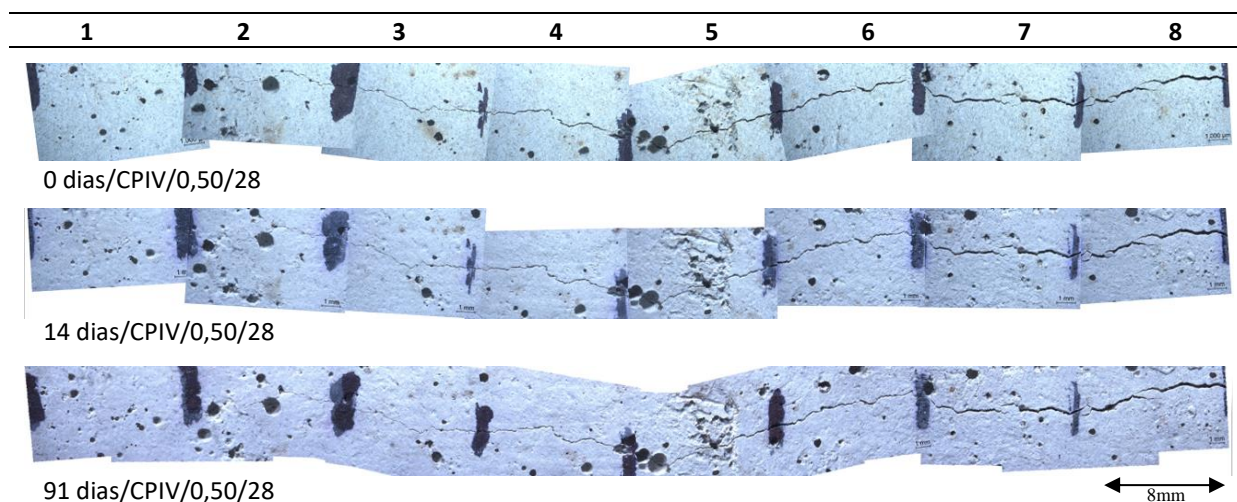


(fonte: própria da autora)

Na Figura 79 está apresentada a combinação para a amostra CPIV/0,50/28 com espessura média de 0,0722mm, e na Figura 80 é dado destaque a um trecho referente a essa combinação.

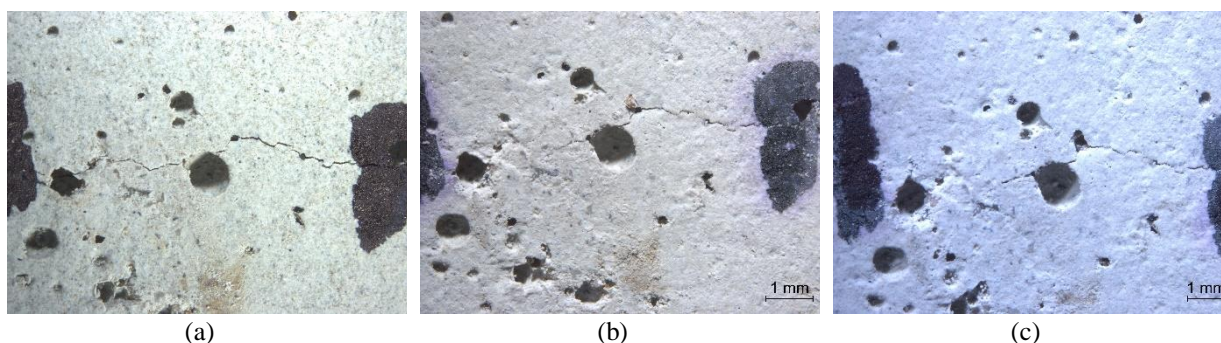
Mesmo a fissura possuindo pouca dimensão, a análise visual não permite observar grandes alterações de fechamento de fissuras ao longo do tempo.

Figura 79 – Acompanhamento por microscopia ótica aos 0, 14 e 91 dias do CPIV, a/c 0,50 para 28 dias de idade de abertura de fissuras



(fonte: própria da autora)

Figura 80 – Imagem de microscopia ótica para a zona 2 do CPIV, a/c 0,50, para 28 dias de idade de abertura de fissura (a) 0 dias; (b) 14 dias; (c) 91 dias



(fonte: própria da autora)

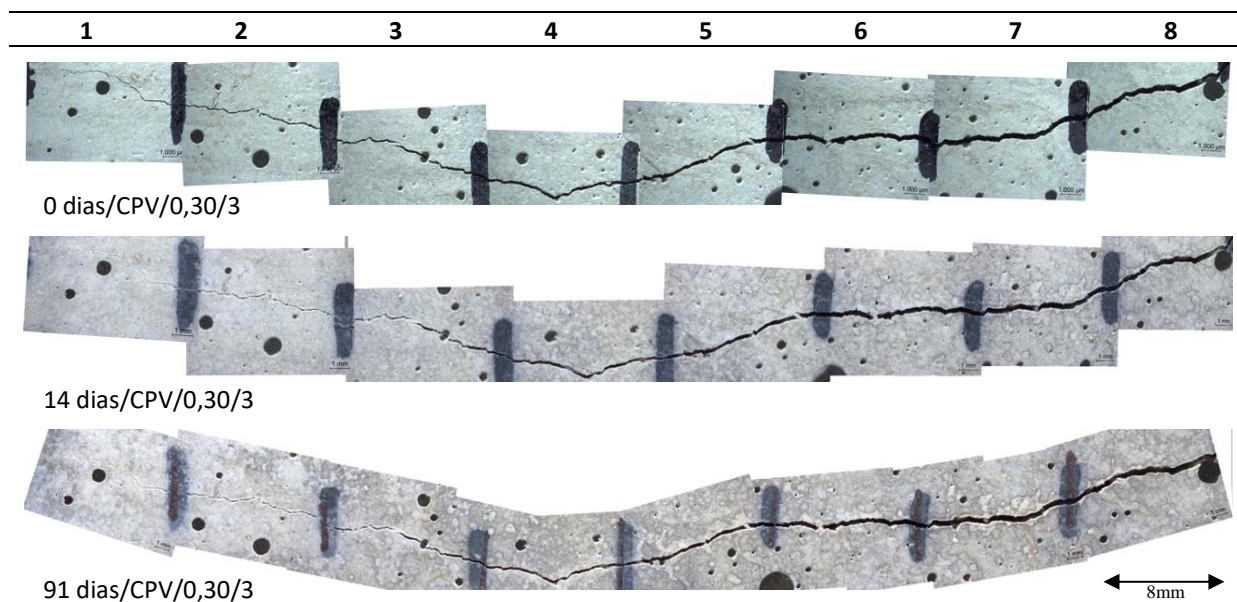
Nos concretos com cimento CPIV, a menor evidência do aparecimento na superfície se deve ao fato de que o hidróxido de cálcio, que seria lixiviado preenchendo a fissura superficialmente de produtos de carbonatação, é consumido pela reação pozolânica, ocasionando fechamento interno, como pode ser evidenciado pelo ensaio de velocidade de propagação de onda ultrassônica, no item 4.2.3. Segundo Ahn e Kishi (2010), o processo natural de colmatação autógena nas matrizes cimentícias é beneficiado com o uso de adições.

O CPIV contém na composição química a presença de pozolana, em substituição ao clínquer, resultando no consumo de Ca(OH)_2 e na composição das fases do clínquer a quantidade de

C_2S tende a ser maior do que a quantidade de C_3S , e portanto, libera menos $Ca(OH)_2$, segundo o descrito na literatura (NEVILLE, 2013; MEHTA; MONTEIRO, 2014). Dessa forma, observa-se nos concretos produzidos com este tipo de cimento menor quantidade de produto lixiviado, visto que o $Ca(OH)_2$ é o principal produto hidrolisado nas matrizes cimentícias. Assim, as combinações com esse tipo de cimento apresentam visualmente menor poder de autocicatrização quando comparadas a concretos com cimentos com maior quantidade de produção de $Ca(OH)_2$, e sem consumo devido à reação pozolânica, como no caso do CPV, que possui também maior teor de C_3S .

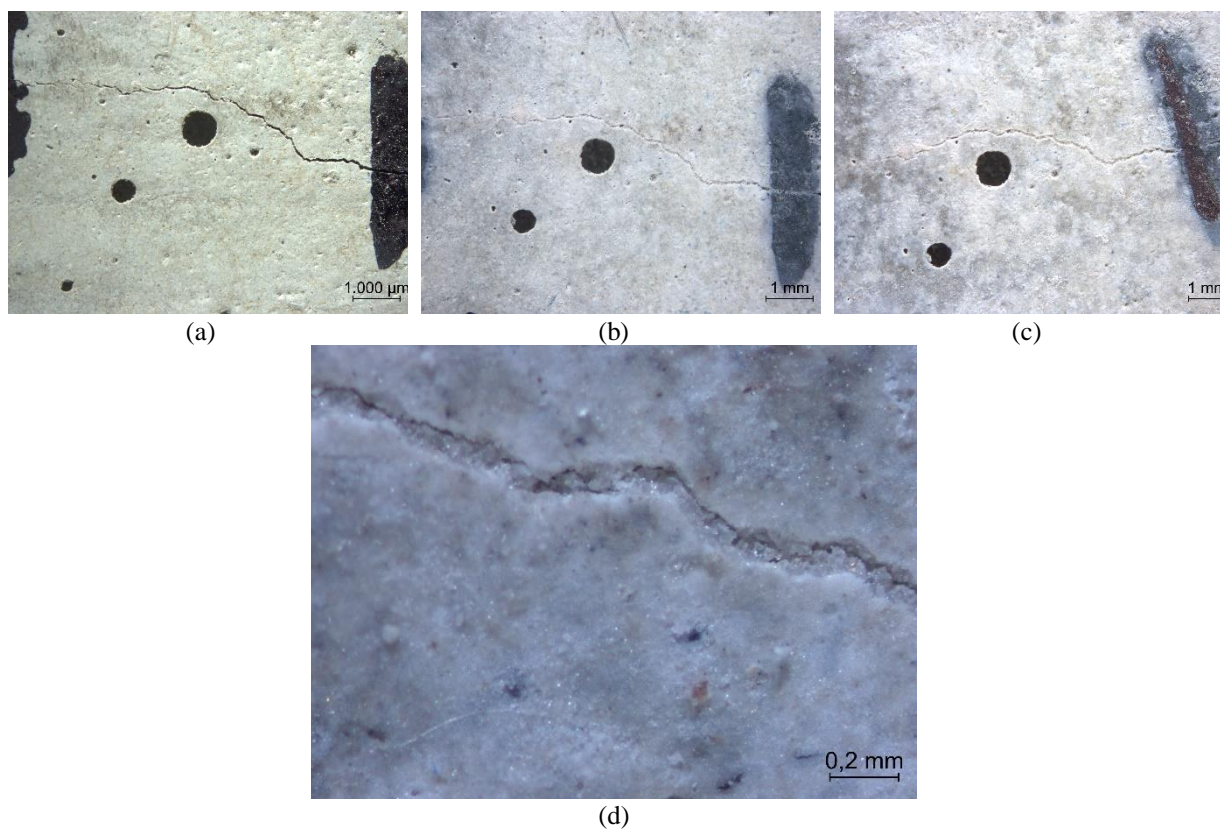
Esse fato pode ser evidenciado com a observação das seguintes imagens referentes ao cimento CPV, para as três diferentes relações água/cimento e as duas idades de abertura de fissuras. Na Figura 81 está apresentada a combinação para a amostra CPV/0,30/3 com espessura média de 0,1830mm, e na Figura 82 é dado destaque a um trecho referente a essa combinação. Observa-se nas imagens compiladas ao longo do tempo que há fechamento entre as zonas 1 e parte da zona 3, sendo o lado da fissura com menor espessura. No detalhe apresentado na Figura 82d evidencia-se esse fechamento com maior resolução.

Figura 81– Acompanhamento por microscopia ótica aos 0, 14 e 91 dias do CPV, a/c 0,30 para 3 dias de idade de abertura de fissuras



(fonte: própria da autora)

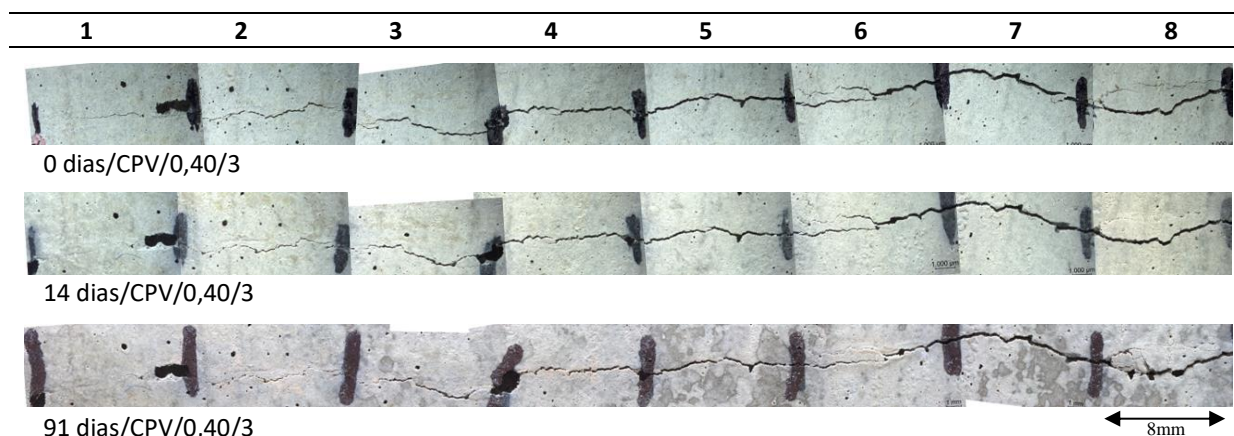
Figura 82 – Imagem de microscopia ótica para a zona 1 do CPV, a/c 0,30, para 3 dias de idade de abertura de fissura (a) 0 dias; (b) 14 dias; (c) 91 dias; (d) detalhe de fechamento, resolução 4x



(fonte: própria da autora)

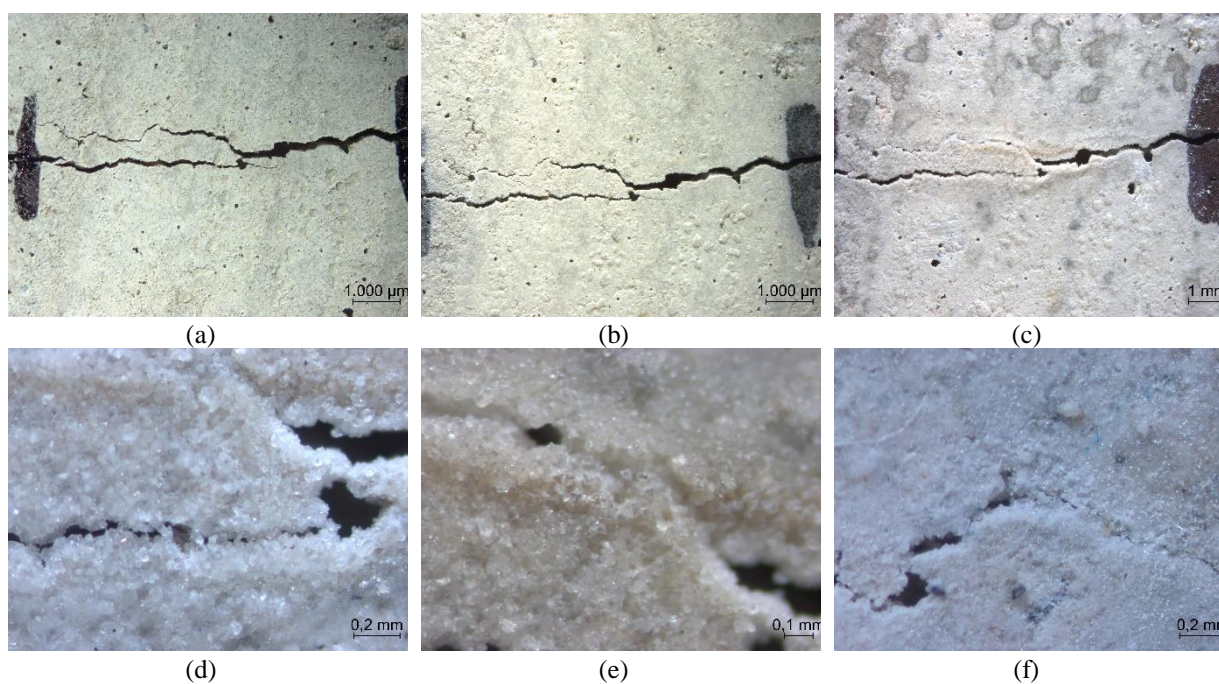
Na Figura 83 está apresentada a combinação para a amostra CPV/0,40/3 com espessura média de 0,1123mm. Nota-se, por análise visual, que há evidência de autocicatrização entre as zonas 1 a 4, e na zona 6. A zona 6 é destacada na Figura 84, na qual se nota fechamento, principalmente para a fissura secundária com menor espessura pela precipitação de CaCO_3 . Nas ampliações demonstradas nas Figuras 84d, 84e e 84f percebe-se o grande acúmulo de material lixiviado próximo à abertura da fissura, ocasionando em muitos trechos o fechamento.

Figura 83 – Acompanhamento por microscopia ótica aos 0, 14 e 91 dias do CPV, a/c 0,40 para 3 dias de idade de abertura de fissuras



(fonte: própria da autora)

Figura 84 – Imagem de microscopia ótica para a zona 6 do CPV, a/c 0,40, para 3 dias de idade de abertura de fissura (a) 0 dias; (b) 14 dias; (c) 91 dias; (d) detalhe de fechamento, resolução 4x; (e) detalhe de fechamento, resolução 5x; (f) detalhe de fechamento, resolução 4x



(fonte: própria da autora)

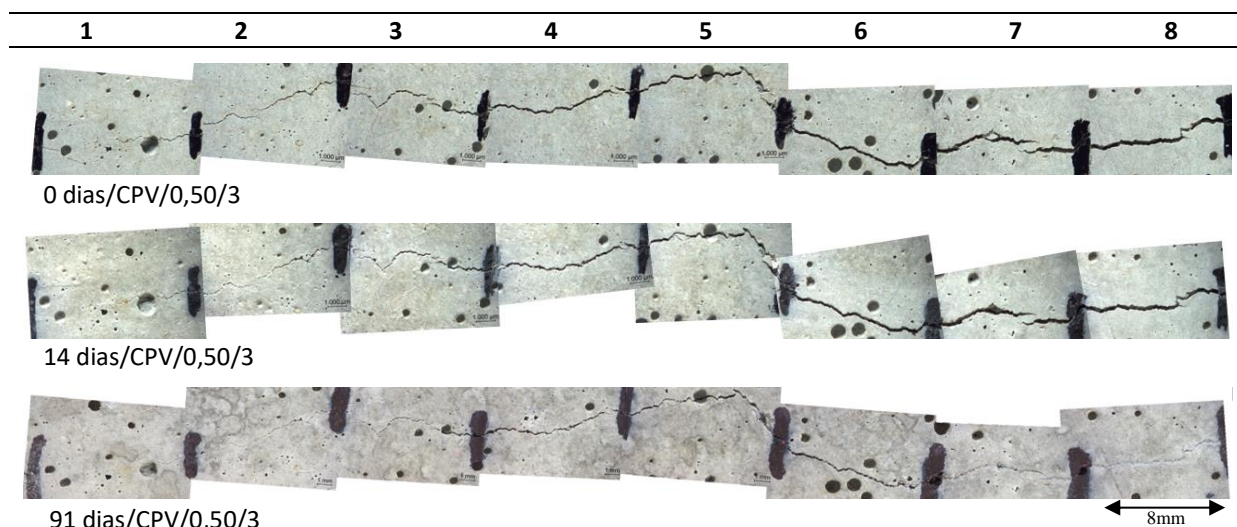
Na Figura 85 está apresentada a combinação para a amostra CPV/0,50/3 com espessura média de 0,1314mm. As zonas 1 a 3 apresentam fechamento já aos 14 dias, mas aos 91 dias maior quantidade de zonas são seladas, até mesmo a 7 e 8, as quais possuem espessuras maiores. O fato do fechamento, demonstrado principalmente nas zonas de extremidade da fissura, está

relacionado com a posição de armazenamento dos corpos de prova no ciclo, tanto durante o período de secagem quanto em relação ao período de imersão, nos quais os corpos de prova ficaram alocados com a fissura na vertical. No início, as amostras não foram cuidadas para serem colocadas sempre no mesmo sentido de armazenamento, portanto, em algumas situações a fissura com menor espessura poderia estar localizada na parte de baixo, assim como em algumas situações a fissura com a maior abertura estaria alocada no sentido para baixo. Notou-se, com o decorrer dos ensaios, que os produtos de lixiviação seguiam a direção gravitacional, assim, a parte posicionada para baixo era beneficiada pelo processo de fechamento com produtos decorrentes de lixiviação que se concentrava nessa área.

Após decorridos três ciclos de molhagem e secagem, optou-se por alocar os corpos de prova com a espessura maior da fissura sempre posicionada para baixo, por convenção. Segundo o trabalho de Maes et al. (2016), as amostras de argamassa submetidas a ciclos foram alocadas com a fissura na posição horizontal, distribuindo homogeneamente a lixiviação ao longo de toda fissura na face posicionada para baixo, segundo imagens apresentadas. Dessa forma, como processo de aprendizagem para trabalhos futuros, sugere-se o cuidado com a posição dos corpos de prova, sendo que a situação mais adequada, para não distorcer os resultados por indução dos produtos lixiviados para áreas específicas, é o posicionamento da fissura na horizontal.

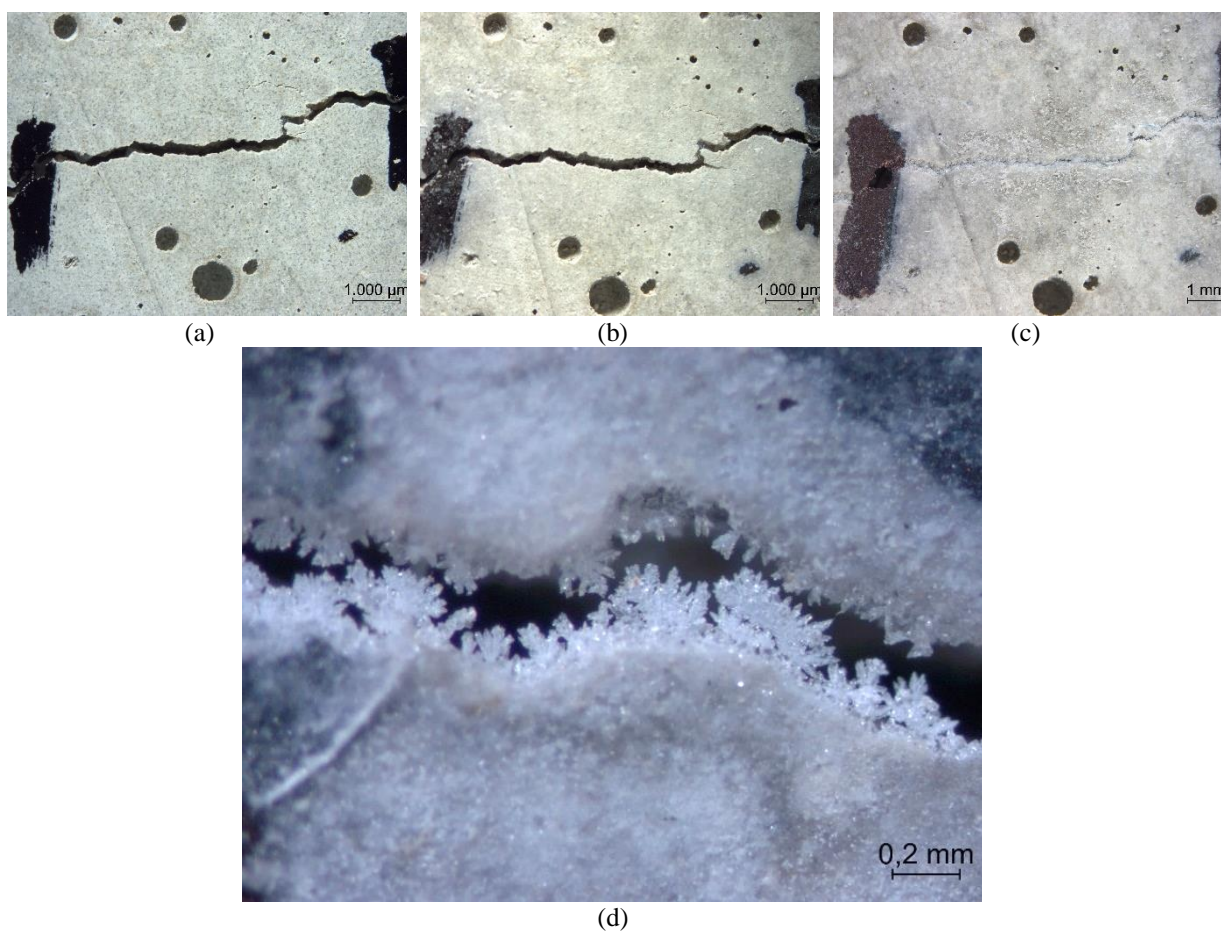
Na Figura 86 é dado destaque à zona 8. Nota-se, por análise visual, o fechamento completo ao longo do tempo, na qual aos 14 dias (Figura 86b) não se evidenciava nenhum produto de fechamento, justamente devido à posição do corpo de prova no ciclo. Já aos 91 (Figura 86c) dias nota-se fechamento completo desta área. Na Figura 86d, há formação de cristais maiores do que os observados nas imagens anteriores, fato que pode ser atribuído ao maior espaço para crescimento devido à maior espessura neste local.

Figura 85 – Acompanhamento por microscopia ótica aos 0, 14 e 91 dias do CPV, a/c 0,50 para 3 dias de idade de abertura de fissuras, para a amostra 1



(fonte: própria da autora)

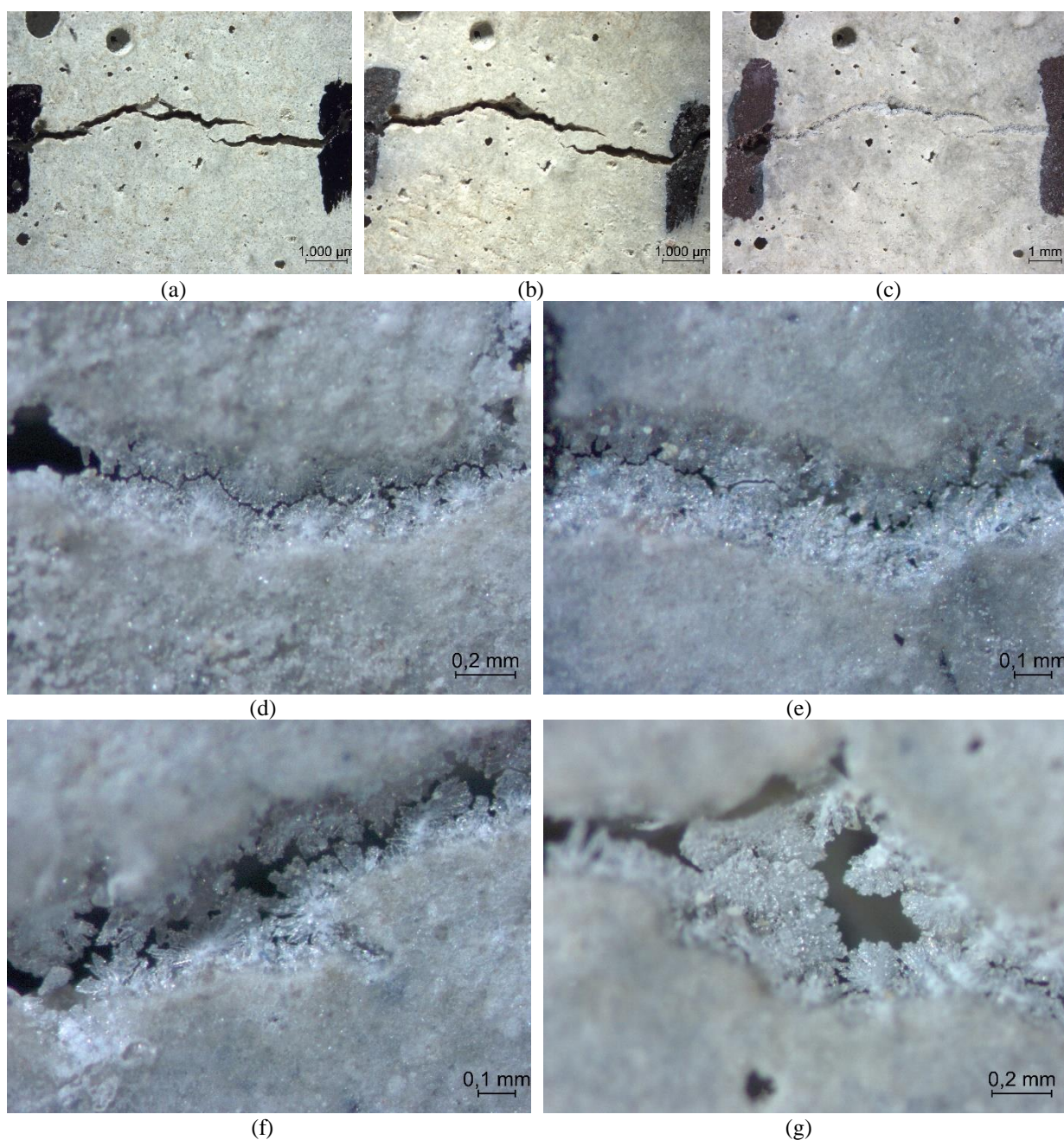
Figura 86 – Imagem de microscopia ótica para a zona 8 do CPV, a/c 0,50, para 3 dias de idade de abertura de fissura (a) 0 dias; (b) 14 dias; (c) 91 dias; (d) detalhe de fechamento, resolução 3,2x



(fonte: própria da autora)

Ainda em relação à imagem compilada apresentada na Figura 85, apresenta-se na Figura 87 o trecho referente à zona 7, desta mesma combinação, que para os 91 dias também apresenta fechamento por cristais que se desenvolveram no interior da fissura.

Figura 87 – Imagem de microscopia ótica para a zona 7 do CPV, a/c 0,50, para 3 dias de idade de abertura de fissura (a) 0 dias; (b) 14 dias; (c) 91 dias; (d) detalhe de fechamento, resolução 4x; (e) detalhe de fechamento, resolução 5x; (f) detalhe de fechamento, resolução 5x; (g) detalhe de fechamento, resolução 4x

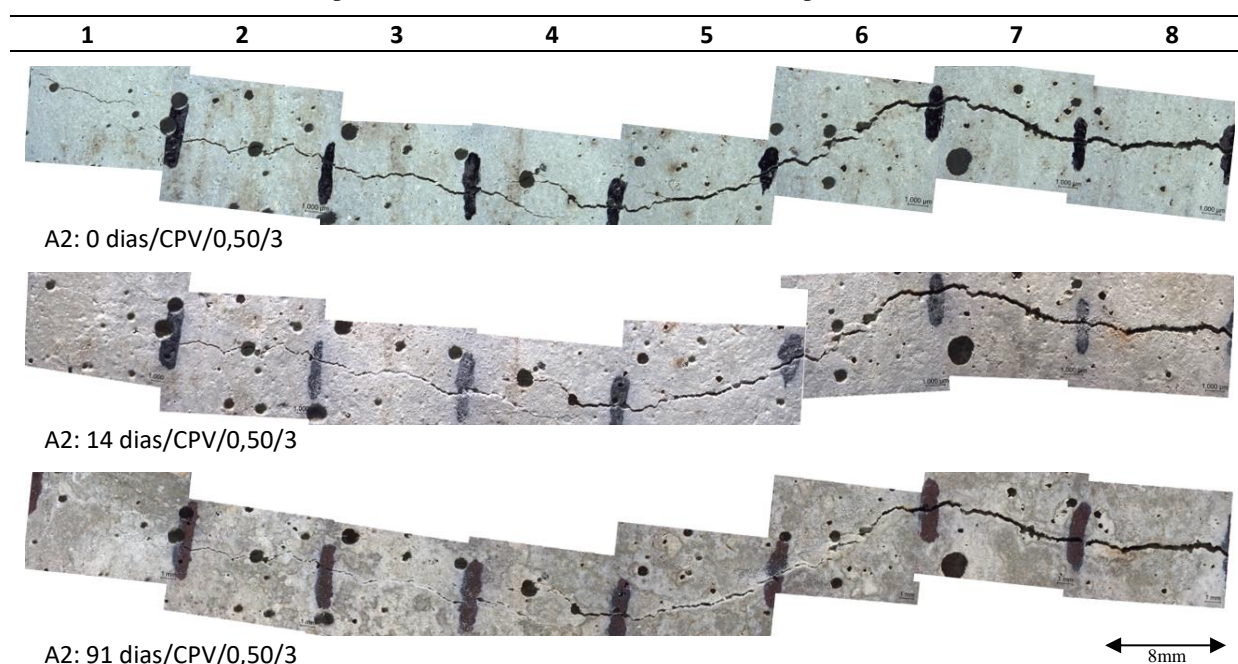


(fonte: própria da autora)

A formação do hidróxido de cálcio ocorre com o aparecimento de grandes cristais com morfologia hexagonal, e o tamanho desses cristais depende do espaço disponível para a formação, e temperatura de hidratação (MEHTA; MONTEIRO, 2014). A forma diferenciada dos cristais apresentada tanto na ampliação anterior (Figura 86d) quanto nas ampliações a seguir (Figuras 87d, 87e, 87f e 87g), pode ser resultante de maior espaço para formar cristais mais amplos. Além disso, pelo fato da ocorrência da carbonatação do hidróxido de cálcio, a morfologia diferenciada pode ser resultado da formação de outros cristais, tais como a calcita, vaterita ou aragonita (CHAKRABORTY et al., 1994).

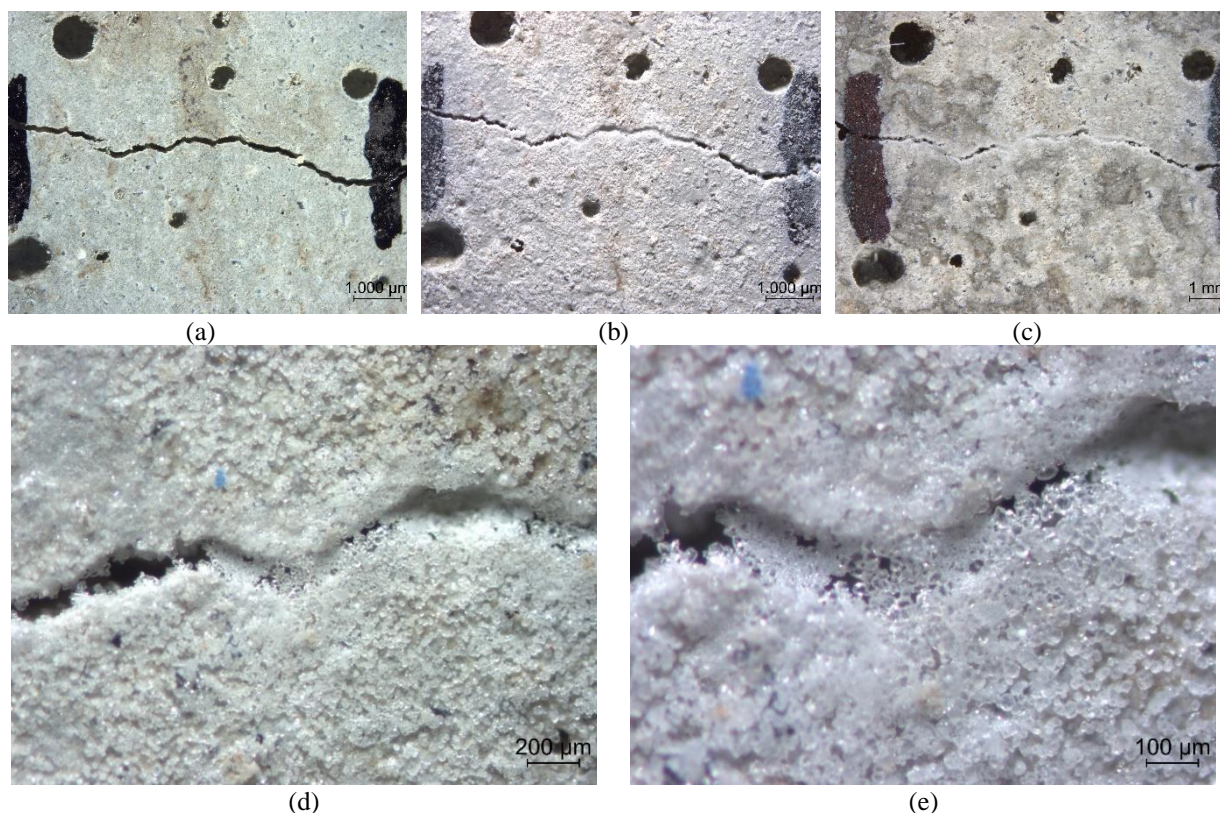
Na Figura 88 está apresentada a combinação para a amostra CPV/0,50/3 com espessura média de 0,1598mm. Nota-se, analisando as imagens ao longo do tempo, fechamento da zona 1 a 6, com maior evidência para o trecho com menor espessura. Na Figura 89 a zona 3 é destacada, podendo-se ver o fechamento ao longo do tempo, e nas ampliações (Figura 89d e 89e) pode-se observar a formação de cristais no interior da fissura com formato mais arredondado, comparados aos cristais apresentados para a combinação CPV/0,50/3 demonstrada anteriormente. Nesse caso, a fissura possui dimensão inferior, apresentando menor espaço para a formação dos cristais.

Figura 88 – Acompanhamento por microscopia ótica aos 0, 14 e 91 dias do CPV, a/c 0,50 para 3 dias de idade de abertura de fissuras, para a amostra 2



(fonte: própria da autora)

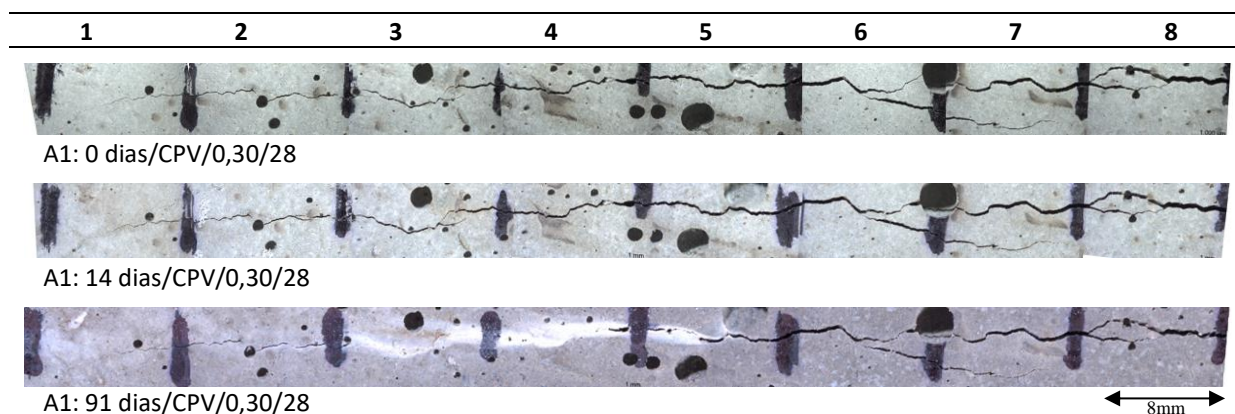
Figura 89 – Imagem de microscopia ótica para a zona 3 do CPV, a/c 0,50, para 3 dias de idade de abertura de fissura (a) 0 dias; (b) 14 dias; (c) 91 dias; (d) detalhe de fechamento, resolução 2,5x; (e) detalhe de fechamento, resolução 5x



(fonte: própria da autora)

Na Figura 90 está apresentada a combinação para a amostra CPV/0,30/28 com espessura média de 0,0888mm. Nota-se lixiviação com escorrimento a partir da zona 5 em direção à zona 1. Esse processo de lixiviação contribui com o fechamento da fissura nas zonas afetadas, dessa forma, selando-as com precipitação de carbonato de cálcio próximo a superfície.

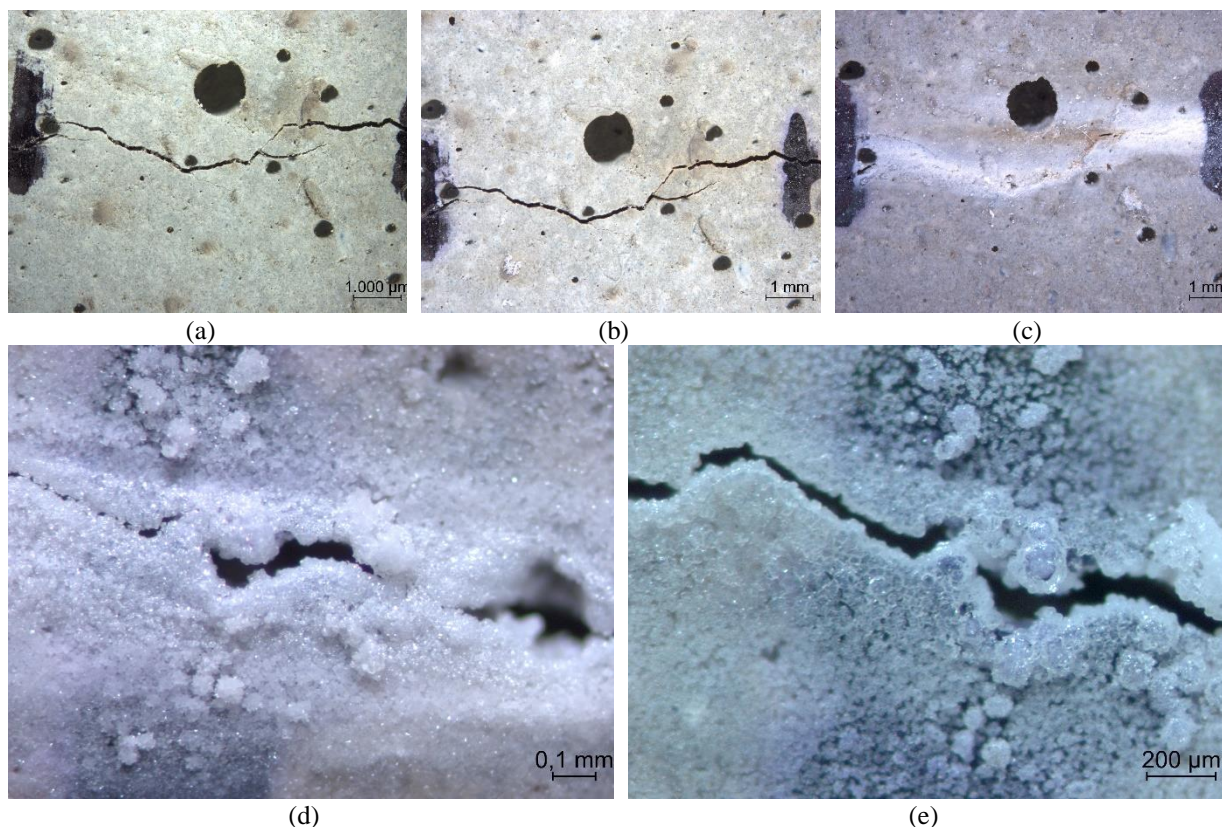
Figura 90 – Acompanhamento por microscopia ótica aos 0, 14 e 91 dias do CPV, a/c 0,30 para 28 dias de idade de abertura de fissuras



(fonte: própria da autora)

Na Figura 91 é dado destaque para a zona 3, na qual teve selagem praticamente completa por produtos de autocicatrização. Nota-se nas ampliações que se trata de cristais menores, sendo mais acumulados na área de abertura da fissura.

Figura 91 – Imagem de microscopia ótica para a zona 3 do CPV, a/c 0,30, para 28 dias de idade de abertura de fissura (a) 0 dias; (b) 14 dias; (c) 91 dias; (d) detalhe de fechamento, resolução 3,2x; (e) detalhe de fechamento, resolução 4x

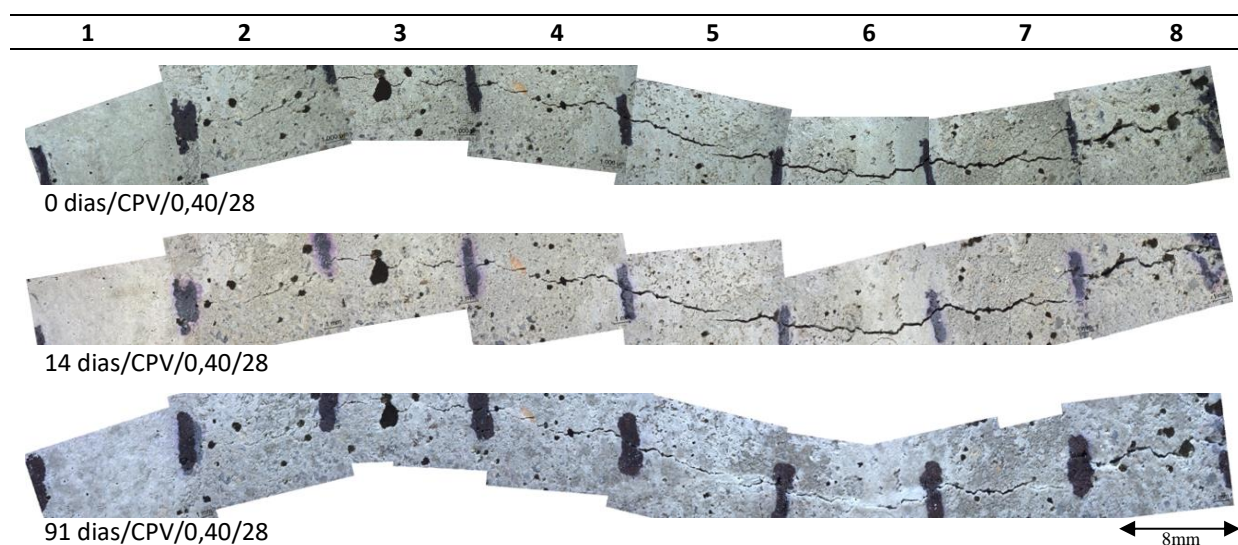


(fonte: própria da autora)

Na Figura 92 está apresentada a combinação para a amostra CPV/0,40/28 com espessura média de 0,0962mm. Pela observação da compilação para a idade de 91 dias de acompanhamento, percebe-se que em todas as zonas há alguma evidência de produtos de autocicatrização.

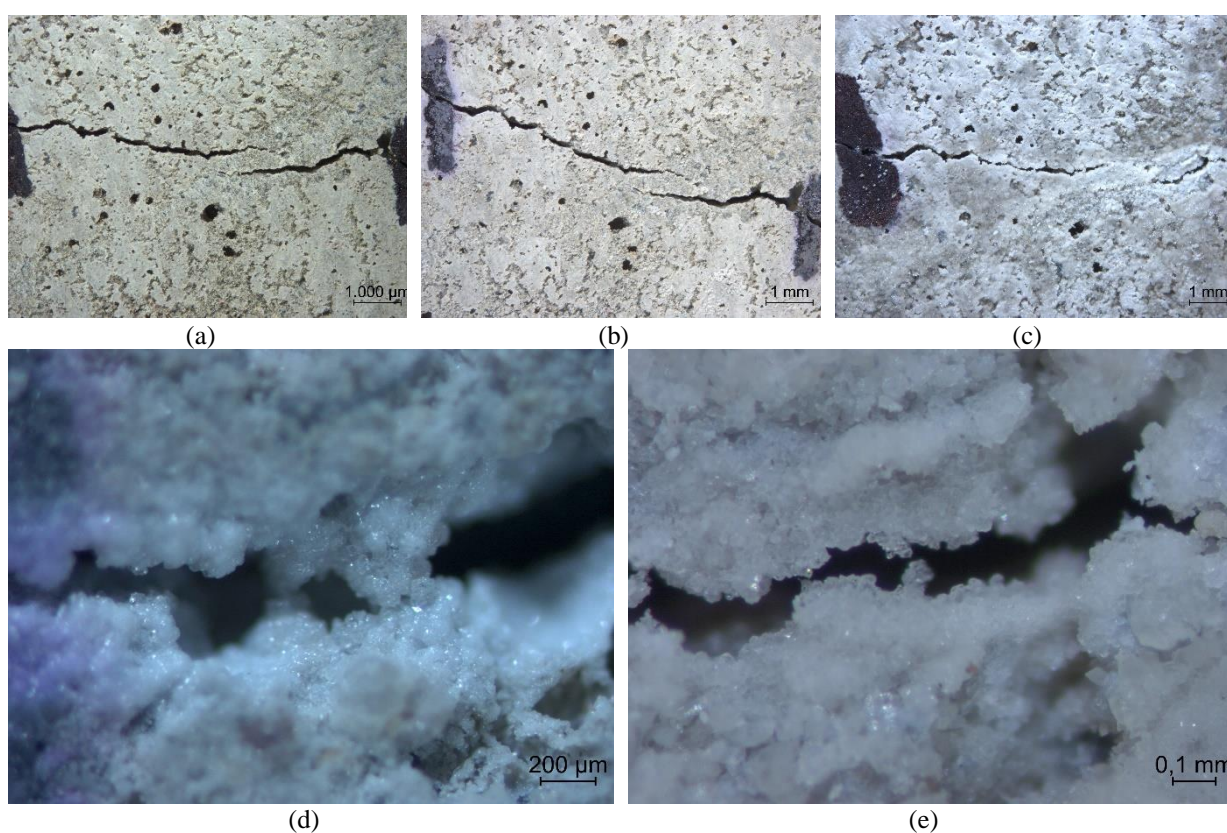
Na Figura 93 destaca-se a zona 5, na qual há registros de produtos formados ao longo do tempo, fato este melhor visualizado com as ampliações das Figuras 93d e 93e com trechos nos quais os cristais se interligam de um extremo ao outro da fissura.

Figura 92 – Acompanhamento por microscopia ótica aos 0, 14 e 91 dias do CPV, a/c 0,40 para 28 dias de idade de abertura de fissuras



(fonte: própria da autora)

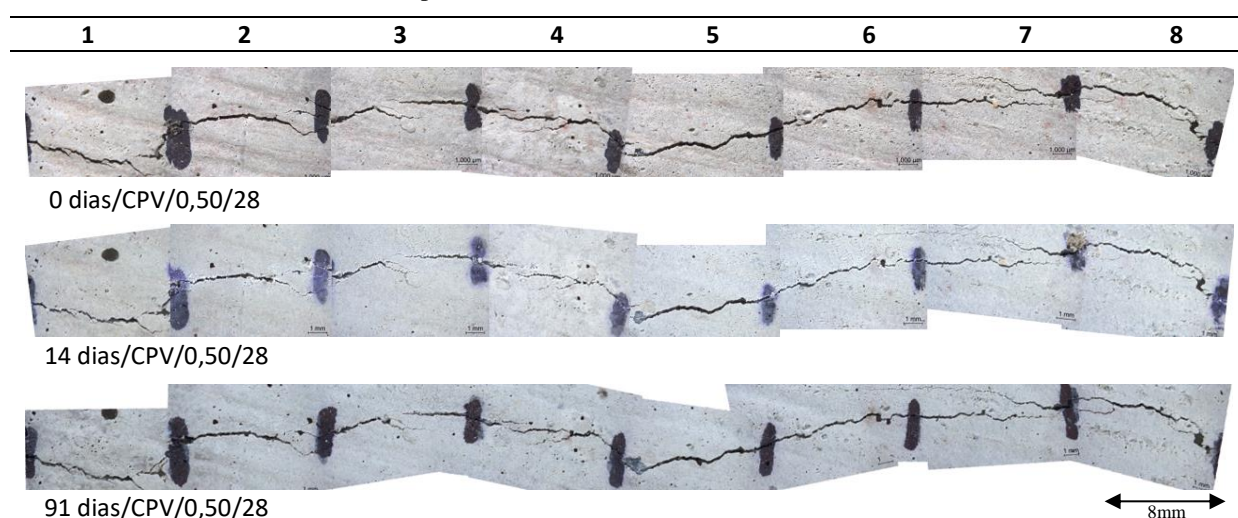
Figura 93 – Imagem de microscopia ótica para a zona 5 do CPV, a/c 0,40, para 28 dias de idade de abertura de fissura (a) 0 dias; (b) 14 dias; (c) 91 dias; (d) detalhe de fechamento, resolução 3,2x; (e) detalhe de fechamento, resolução 5x



(fonte: própria da autora)

Na Figura 94 está apresentada a combinação para a amostra CPV/0,50/28 com espessura média de 0,0954mm. Nota-se pouca evidência de fechamento nesta combinação quando se observa a idade de 91 dias. No entanto, ao analisar-se aos 14 dias, é possível notar maior quantidade de produtos formados nessa idade. Esse resultado pode ser associado à ocorrência de lixiviação no primeiro ciclo, sendo que talvez os produtos lixiviados para esta combinação foram lavados com a inserção do corpo de prova nos ciclos de molhagem e secagem, não carbonatando antes de serem novamente imersos. Assim, na idade posterior, há menor registro dos produtos de lixiviação.

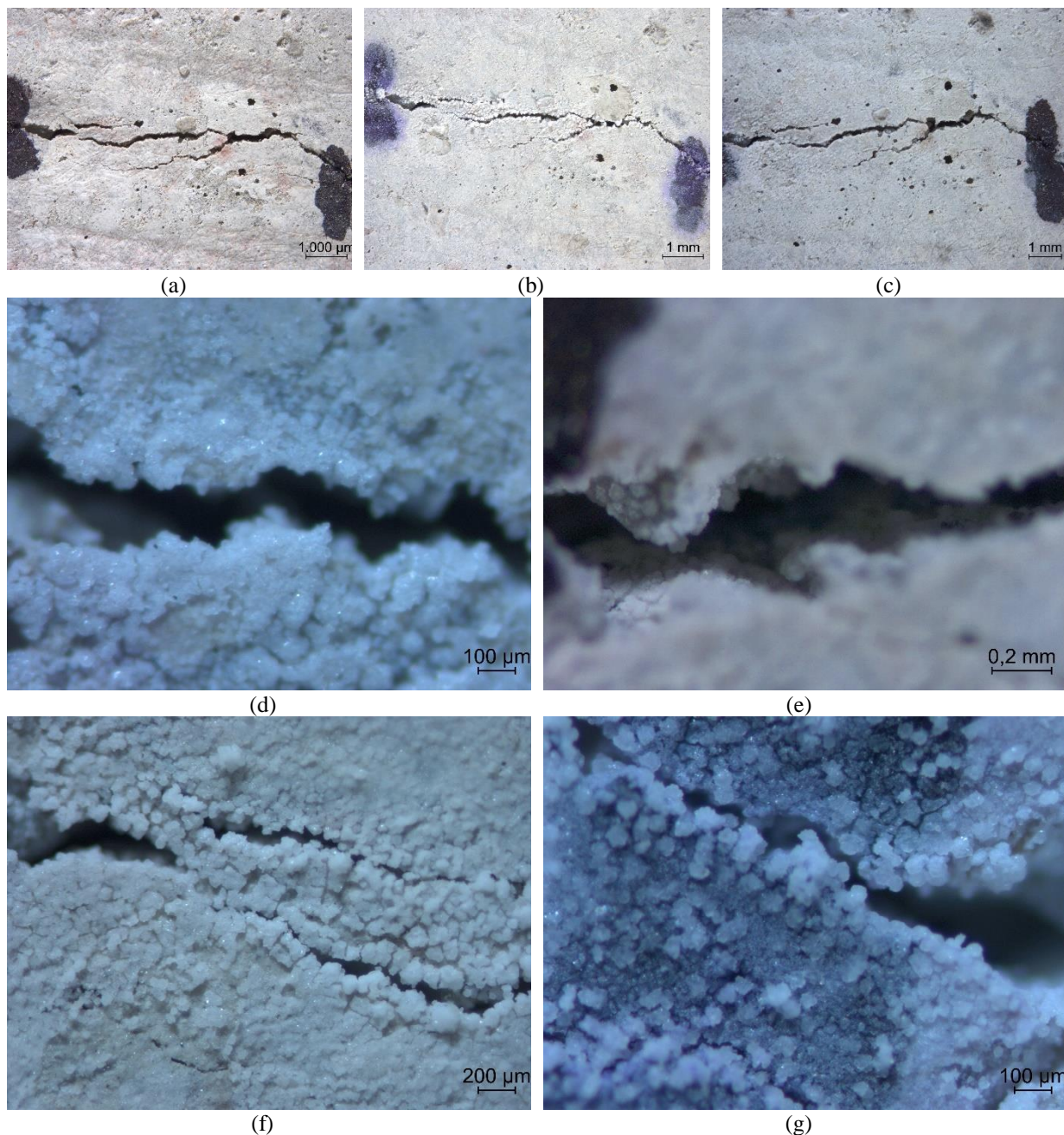
Figura 94 – Acompanhamento por microscopia ótica aos 0, 14 e 91 dias do CPV, a/c 0,50 para 28 dias de idade de abertura de fissuras



(fonte: própria da autora)

Na Figura 95 é dado destaque para a zona 4, e nesta, fica mais claro o entendimento de que aos 91 dias os produtos formados aos 14 dias foram eliminados com os ciclos. Para as ampliações destacadas para essa combinação nas Figuras 95d e 95e, é notada a formação de cristais no interior da fissura apenas acopladas às paredes internas, sem ligações entre uma extremidade a outra. Nas Figuras 95f e 95g nota-se com maior ênfase o acúmulo de produtos de lixiviação localizados próximo à abertura da fissura.

Figura 95 – Imagem de microscopia ótica para a zona 4 do CPV, a/c 0,50, para 28 dias de idade de abertura de fissura (a) 0 dias; (b) 14 dias; (c) 91 dias; (d) detalhe de fechamento, resolução 5x; (e) detalhe de fechamento, resolução 4x; (f) detalhe de fechamento, resolução 2,5x; (g) detalhe de fechamento, resolução 5x



(fonte: própria da autora)

A variação nos formatos dos cristais de carbonato de cálcio, possivelmente está associada a variação das condições atmosféricas as quais os corpos de prova foram submetidos na câmara de ciclagem, fato esse evidenciado no trabalho de Zappa (2014). A forma mais estável do carbonato de cálcio é a calcita em temperatura ambiente, mas pode se encontrar em outras fases dependendo das condições na qual forem expostas, tais como aragonita e vaterita (HAN

et al., 2005). Os cristais em forma de agulha, denominados como aragonita, se formam em maiores temperaturas (CHEN e XIANG, 2009), a vaterita possui formato mais hexagonal, e a calcita se apresenta em formato hexagonal-cúbico, podendo ocorrer em mais de 300 formas (CHAKRABORTY et al., 1994).

A maior evidência de produtos formados ocorre sobre as amostras confeccionadas com o cimento CPV. Os produtos apresentados aglomerados sobre a superfície das imagens, demonstrando em muitas situações fechamento das fissuras, ocorre segundo o principal fator de contribuição para a autocicatrização (YANG et al., 2009; QIAN et al., 2010; SISOMPHON et al., 2012; DE ROOIJ et al., 2013; HUANG et al., 2016, entre outros). Trata-se da formação de CaCO_3 , devido à lixiviação dos produtos à base de cálcio da matriz. A hidrólise deste composto depende da temperatura, do pH e da concentração dos reagentes (DE ROOIJ et al., 2013), sendo mais evidente para o cimento mais puro utilizado nessa pesquisa, o CPV, com maior quantidade de clínquer na composição. Outros autores também evidenciaram em seus trabalhos a presença de CaCO_3 como produto de fechamento de fissuras, tais como Yang et al. (2009) e Qian et al. (2010).

A possível maior quantidade de C_3S na composição do cimento CPV, de acordo com a literatura, pode ser um dos fatores responsáveis pela intensificação do processo de hidratação, por resultar em maior liberação de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) na forma cristalina (NEVILLE, 2013). Devido a isso, a formação de cristais de maneira mais intensa para este tipo de cimento pode ser melhor evidenciada, principalmente em relação à composição química do mesmo, e em relação à idade de abertura de fissura também, visto que o fechamento para a idade de 3 dias de abertura de fissuras teve melhores resultados.

Em caso de ciclos de molhagem e secagem, Snoeck et al. (2016) verificaram que a extensão da autocicatrização autógena em fissuras ocorre a uma profundidade de 0 a 0,8-1mm por fechamento com carbonato de cálcio. Visto que, muitas vezes, este fechamento se limita à superfície, não englobando o interior da fissura, devido à maior concentração de CO_3^{2-} perto da abertura superficial, que é a condição ideal para a carbonatação do hidróxido de cálcio, relatado por Sisomphon et al. (2012).

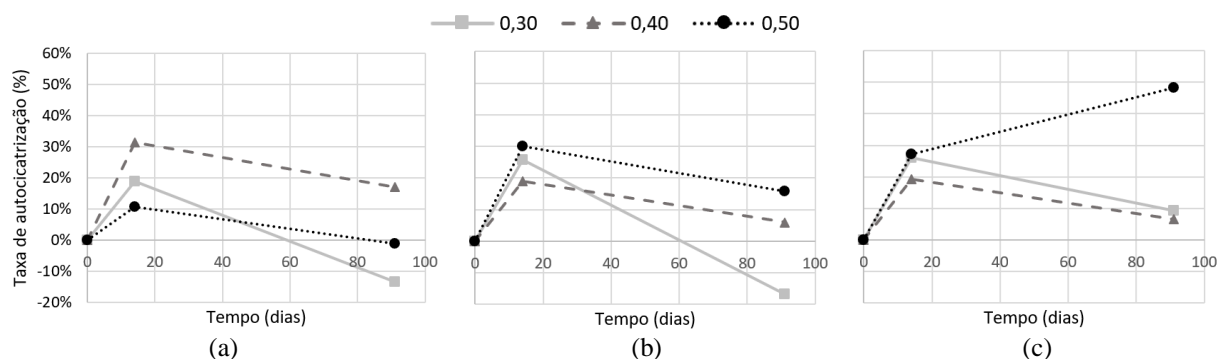
A fissuração gerada nos concretos como causa de deterioração física induz a ocorrência de causas químicas de deterioração. Pois, com o processo de molhagem nos ciclos empregados, a lixiviação fica notória a cada fim de período de imersão, sendo mais evidente nos primeiros

ciclos quando a turbidez da água é visivelmente alterada. A lixiviação dos componentes presentes na pasta de cimento endurecida corrobora com o aumento da porosidade do concreto (MEHTA; MONTEIRO, 2014), desencadeando como consequência a redução da resistência por deixar o concreto vulnerável a este processo, principalmente para as relações água/cimento maiores.

Portanto, mesmo a lixiviação sendo um fator importante na autocicatrização para selagem da fissura por carbonatação do hidróxido de cálcio, se a espessura da mesma for demasiadamente grande e demorar o fechamento, a perda por lixiviação se torna prejudicial por ser em maior escala do que o ganho referente ao selamento da fissura por precipitação de carbonato de cálcio. Dessa forma, para fissuras com maior espessura, o ganho devido à selagem da fissura por autocicatrização pode não sobrepor a perda da matriz em resistência devido ao aumento de porosidade por lixiviação.

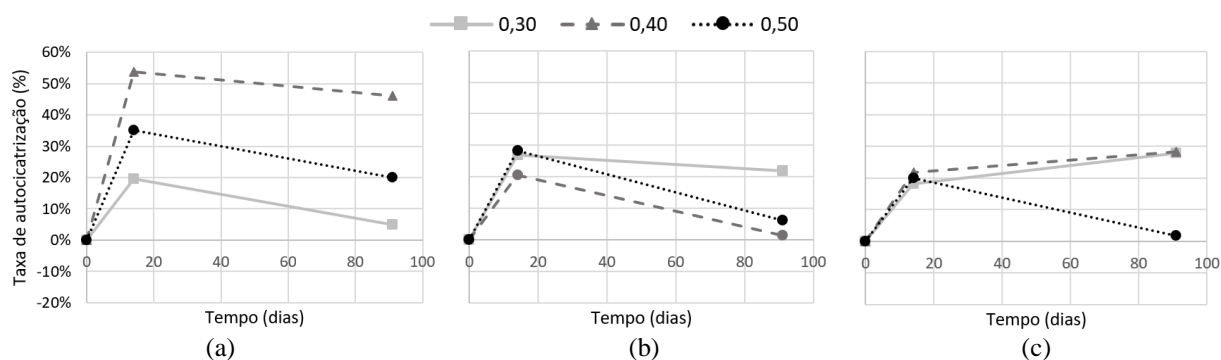
Além da análise qualitativa demonstrada por visualização das imagens coletadas ao longo do tempo, pode-se analisar as imagens por meio de métodos que possibilitam a análise quantitativa. Para este trabalho a metodologia apresentada por Maes et al. (2016) foi adaptada, como já descrito no programa experimental desse trabalho. Nas Figuras 96 e 97 são apresentadas essas taxas de autocicatrização referentes ao fechamento superficial das amostras por análise de microscopia ótica, sendo a diferença das idades posteriores em relação à inicial calculando-se a porcentagem em referência aos 0 dias.

Figura 96 – Taxa de autocicatrização para a abertura de 3 dias, em três relações água/cimento, aos 0, 14 e 91 dias de acompanhamento (a) CPII-F; (b) CPIV; (c) CPV



(fonte: própria da autora)

Figura 97 – Taxa de autocatrização para a abertura de 28 dias, em três relações água/cimento, aos 0, 14 e 91 dias de acompanhamento (a) CPII-F; (b) CPIV; (c) CPV



(fonte: própria da autora)

Pela análise das Figuras 96 e 97, não se consegue tirar conclusões definitivas, pois o método desenvolvido para medição dos corpos de prova não foi satisfatório somente com o uso do grid sobre as imagens, porque de uma idade para a outra, mesmo havendo marcações sobre os corpos de prova delimitando as áreas, as imagens se deslocam ou se inclinam de maneira diferenciada, devido à dificuldade em posicionar exatamente do mesmo jeito que na imagem registrada no tempo zero. Acreditava-se que mesmo com a variação da coleta dos pontos, definida a comparação por média, os resultados obtidos fossem adequados. No entanto, em algumas situações, a fissura se demonstrou maior que no tempo zero, como no caso da relação 0,30 para o cimento CPII-F (Figura 96a) e CPIV (Figura 96b), o que mostra incoerência no método.

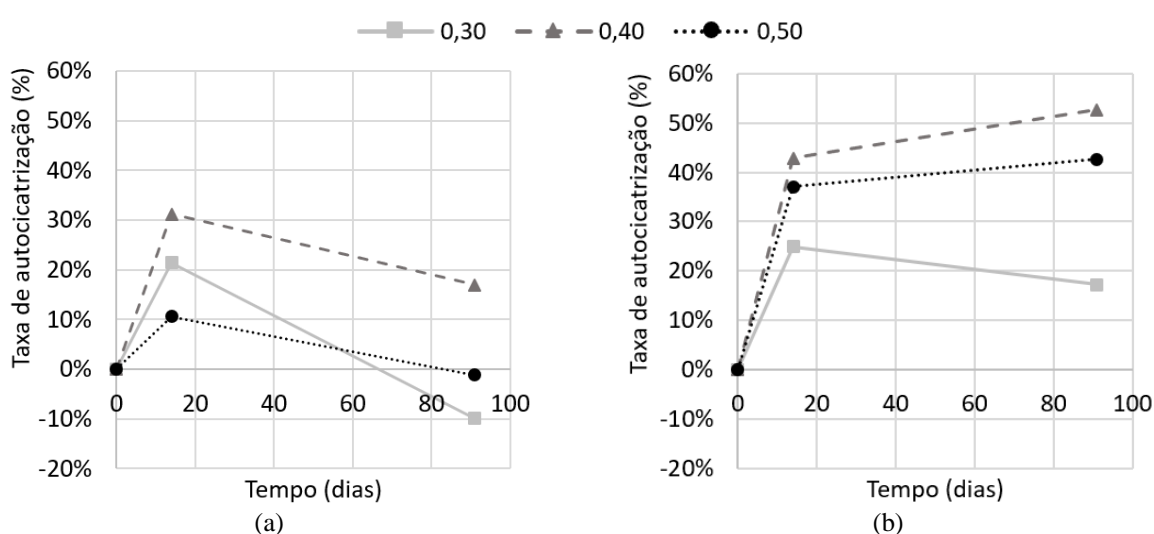
No entanto, as fissuras analisadas possuem dimensões na ordem de micrometros, e mesmo sendo avaliada a média, a menor variação possível ocasiona mudanças grandes na análise, causando confusão e distorção dos dados coletados dessa maneira. Assim, se demonstrou que o método de quantificação por imagem através do microscópio ótico com o uso do grid não foi adequado para quantificar o fechamento da fissura ao longo do tempo.

Apesar disso, os resultados apresentados por Maes et al. (2016), referenciado na literatura para base dessa metodologia, demonstraram resultados satisfatórios e coerentes com o esperado, então notou-se a necessidade de implementar melhor o desenvolvimento da ferramenta.

Dessa forma, decidiu-se, para uma das combinações, refazer as leituras, no entanto, agora não mais seguindo o grid sobre a imagem, mas sim o ponto específico medido na leitura zero e

por meio de análise visual foi encontrado ponto a ponto por semelhança. Com a nova leitura, cuidando para medir no mesmo ponto, com a mesma inclinação, foram obtidos resultados satisfatórios para o método, como pode ser visto na Figura 98, na qual a combinação para o CPII-F, aos 3 dias de idade de abertura de fissuras, foi refeita para as três relações água/cimento.

Figura 98 – Taxa de autocicatrização para a abertura de 3 dias, em três relações água/cimento, aos 0, 14 e 91 dias de acompanhamento, para os dois métodos de avaliação (a) método sem cuidar ponto específico; (b) método cuidando ponto específico



(fonte: própria da autora)

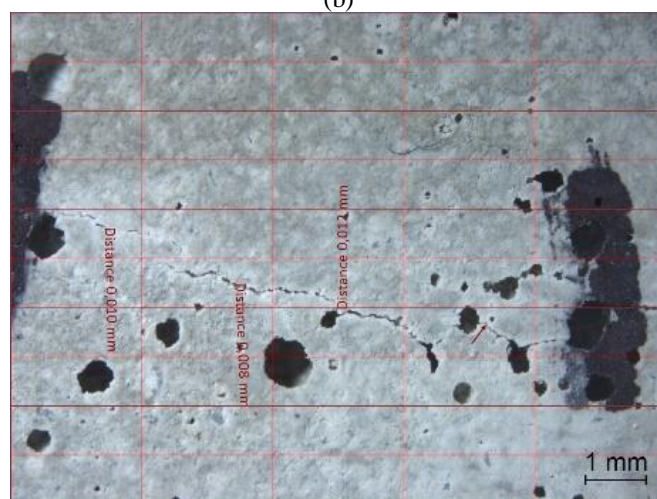
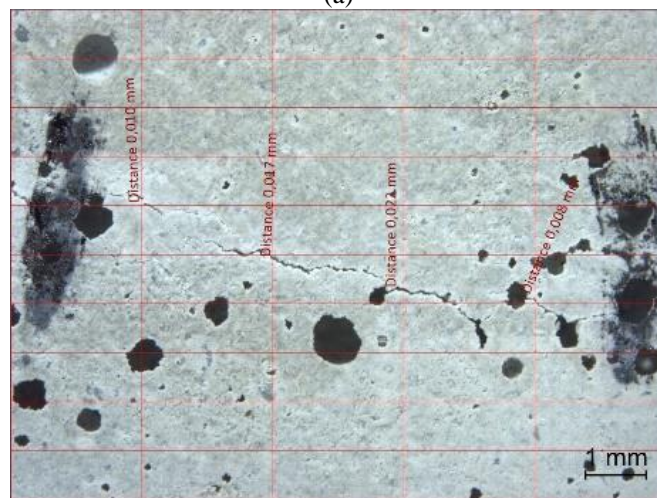
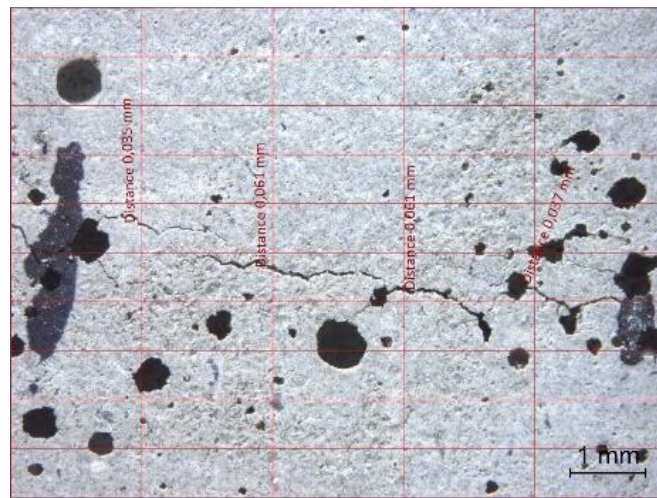
Nota-se, pela Figura 98b, que a taxa de autocicatrização foi superior quando utilizado o método de leitura em ponto específico, o que condiz com as imagens relatadas anteriormente, por meio da análise qualitativa, apenas para a relação água/cimento 0,30 houve decréscimo na taxa aos 91 dias, mas ficando mesmo assim em torno de 20% da fissura selada. Isso pode ser devido ao fato de relações água/cimento menores possuírem espessuras maiores, nesse caso, por exemplo, a média de espessura inicial é igual a 0,1557mm, comparados a 0,0913mm para a relação 0,40 e 0,1209mm para a relação 0,50. Então apesar da diferença entre as relações água/cimento, como Maes et al. (2016) afirmaram, a porcentagem de fechamento da fissura é dependente da espessura inicial da fissura. Nesse caso, a relação a/c 0,40 possui a menor espessura, apresentando assim também maior autocicatrização.

Por meio da análise da Figura 98b, nota-se que os valores demonstraram mais coerência com as observações feitas por análise visual, apresentando autocicatrização aos 14 dias de 24,9% para

a relação a/c 0,30; 42,9% para a relação a/c 0,40 e 37,0% para a relação a/c 0,50. Para a relação a/c 0,30 aos 91 dias a porcentagem caiu para 17,2%, demonstrando que alguns produtos de fechamento evidenciados aos 14 dias foram lavados em decorrência dos ciclos ao longo do tempo. Já para a relação a/c 0,40 o valor subiu para 52,6% e para a relação a/c 0,50 o valor subiu para 42,7%. Assim a relação a/c 0,30 decaiu 7,6% dos 14 aos 91 dias, enquanto a relação a/c 0,40 aumentou 9,8% e a relação 0,50 aumentou 5,6%, dos 14 aos 91 dias. Para relações água/cimento maiores há maior probabilidade de haver maior quantidade de produtos lixiviados, por se tratar de concretos mais porosos (NEVILLE, 2013).

A forma adaptada de análise se mostrou mais adequada quando se observam os pontos específicos comparados às medidas realizadas aos 0 dias. Na Figura 99 está demonstrado um exemplo de coleta em uma zona aleatória para uma amostra do CPII-F aos 3 dias de idade de abertura de fissuras, na qual é possível verificar a pequena variação de deslocamento ao longo do tempo que causa variação nos pontos de leitura. Foi realizada a quantificação apenas para uma combinação, pois o método exige grande esforço e tempo para a execução, dessa forma, pretende-se apenas comprovar a consolidação da metodologia, e para análises futuras sugere-se a medição por área por meio de análise de imagens, para alcançar resultados mais precisos.

Figura 99 – Exemplo de metodologia adaptada para quantificação de imagens microscópicas ao longo do tempo (a) 0 dias; (b) 14 dias; (c) 91 dias



(fonte: própria da autora)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A fissuração é um problema frequente nos materiais cimentícios, mesmo sendo tomadas todas medidas para seu controle. Em alguns casos, por fatores externos e pelas próprias características do material, não se consegue evitar o aparecimento de tal manifestação patológica. Dessa forma, a autocicatrização pode desempenhar o papel de minimizar ou até mesmo mitigar os efeitos da fissuração, contribuindo com o desempenho adequado das estruturas devido ao fechamento dessa possível porta de acesso aos agentes agressivos. É importante salientar, que as considerações finais apresentadas se limitam aos materiais e metodologias utilizados neste estudo, visto que alterações nessas condições podem provocar variações nos resultados.

Quanto à influência de diferentes relações água/cimento (0,30, 0,40 e 0,50) na capacidade de autocicatrização, os concretos com menores relações água/cimento e mais frágeis apresentaram maior grau de dano causado no momento da fissuração. Embora estes exemplares apresentem supostamente maior quantidade de grãos anidros de cimento, não foram necessariamente observadas maiores taxas de autocicatrização, pois o fechamento de maneira autógena ocorre, principalmente, proporcional à espessura da fissura.

Para as diferentes idades de abertura de fissuras (3 e 28 dias), os concretos com idade próxima a 80 dias após a moldagem, independente da idade de abertura das fissuras, demonstraram perda do potencial de autocicatrização e, conseqüente, estabilidade do fenômeno de autocicatrização até o término da coleta dos dados diante do ensaio de velocidade de propagação de onda ultrassônica.

As variações de espessura das fissuras demonstraram grande influência nas taxas de autocicatrização, visto que o ponto de partida para análise dos dados não pode ser comparativo, já que houve variação entre as espessuras realizadas para cada concreto ensaiado, mesmo todas estas mantendo espessura média inferior a 0,4 mm. Nesta constatação, observa-se que a equivalência entre as diferentes análises poderia ter sido obtida ao determinar inicialmente uma faixa menor com limites mínimos e máximos de espessuras de fissuras. As espessuras maiores ocorreram para os concretos com relações água/cimento

menores e os concretos confeccionados com os cimentos CII-F e CPV. Diante disso, a variedade das fissuras, em espessuras e geometrias, dificultou o entendimento de qual a melhor combinação para a autocicatrização.

O ensaio de velocidade de propagação de onda ultrassônica se mostrou viável para detectar a autocicatrização do concreto. O cimento CIII teve maior taxa de autocicatrização quando observado através deste ensaio, pois este cimento consome o hidróxido de cálcio na reação pozolânica, produzindo C-S-H com consequente densificação da matriz, restando menor quantidade de Ca(OH)_2 possível de lixiviação, possuindo este potencial para precipitar como carbonato de cálcio. Já os cimentos CII-F e CPV possuíam menor grau de recuperação pelo ensaio de velocidade de propagação de onda ultrassônica, neste caso, a hidrólise dos componentes da pasta do cimento pode ter contribuído para o possível aumento no tempo da propagação de onda ultrassônica após alguns ciclos de molhagem e secagem.

As análises de imagens por microscopia ótica possibilitaram detectar a autocicatrização dos concretos, principalmente para os cimentos CII-F e CPV, pois estes têm como principal processo de selamento de fissuras a lixiviação do hidróxido de cálcio, com consequente formação do CaCO_3 , podendo empobrecer a matriz pela saída dos cristais de Ca(OH)_2 . Foi mais evidente a formação de produtos na superfície próxima a fissura para o CPV. Já o cimento CIII teve menor quantidade de produtos formados na superfície das fissuras.

A metodologia empregada por meio de diferentes técnicas de avaliação para analisar o fenômeno de autocicatrização têm maior relevância do que o fenômeno analisado entre os diferentes cimentos estudados, visto que as mesmas metodologias seriam adequadas para avaliar produtos comerciais com essa finalidade, tais como aditivos redutores de permeabilidade, os quais vêm sendo utilizados com o intuito de fechamento de fissuras em estruturas de concreto.

O aprimoramento das metodologias, por meio do processo de aprendizagem no desenvolvimento desse trabalho, com as inadequações observadas pode contribuir para o aperfeiçoamento e cuidados que devem ser tomados na execução das técnicas de avaliação. Algumas considerações sobre elas serão descritas nos itens a seguir.

- a) Sobre o posicionamento dos prismas para análises de autocicatrização de fissuras no ciclo de molhagem e secagem, indica-se manter a fissura

posicionada na horizontal a fim de garantir uniformidade na ocorrência da lixiviação como produto de autocicatrização;

- b) Controlar temperatura e umidade da câmara de ciclos, conforme a temperatura da água utilizada no ciclo, que deve ser mantida constante para reduzir o gradiente entre as fases dos ciclos, reduzindo assim processos de lixiviação ocasionados pela ambientação;
- c) No ensaio para análise de recuperação de propriedades mecânicas, apesar do grande número de exemplares, a metodologia não se mostrou satisfatória tanto devido à pequena capacidade de carga dos concretos em relação ao ensaio de tração na flexão em quatro pontos, quanto pelas grandes espessuras das fissuras geradas por meio deste método de aplicação de carga;
- d) As coletas de imagens por microscopia ótica, podem ser executadas a cada 30 dias, ou seja, a cada dois ciclos de molhagem e secagem exceto nos primeiros 14 dias, período que demonstra mudança significativa devido aos primeiros processos de deposição de produtos na superfície. Além disso, a grande influência devido à forma como os corpos de prova foram alocados no ciclo na posição vertical resultou em análises que podem ter sido confundidas, decorrente do acúmulo de material lixiviado na área da fissura favorecida pela ação gravitacional, demonstrando necessidade de mudança de desenvolvimento para trabalhos futuros;
- e) Para o ensaio de velocidade de propagação de onda ultrassônica, indica-se realizar em todas as etapas de coleta de dados a medida na condição íntegra para eliminar as variáveis de constância de massa do corpo de prova e condições do concreto, devido à hidratação ou processos de lixiviação sofridos.

Entre as técnicas utilizadas para avaliação da autocicatrização que apresentaram resultados viáveis, a técnica de velocidade de propagação de onda ultrassônica se mostrou satisfatória devido a quantificação de recuperação de estanqueidade das matrizes, sendo que esta técnica fornece resultados com melhores avaliações do que as análises de imagens por microscopia ótica. A microscopia ótica se limita a visualização de produtos lixiviados pelas matrizes, visto que, produtos formados internamente a partir da hidratação continuada ou atividades de reações pozolânicas são impossibilitados de serem analisados por essa técnica.

Essa pesquisa permitiu realizar uma análise da capacidade de autocicatrização de fissuras em concretos com a utilização de diferentes tipos de cimento, podendo ser notado melhora em todas as combinações devido a colmatação autógena e processos de hidratação continua nas matrizes cimentícias. No entanto, não foi possível afirmar qual o cimento se mostrou mais eficiente.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Diante da complexidade do tema, sugerem-se os seguintes estudos para futuras pesquisas:

- compor quimicamente em laboratório os materiais utilizados na pesquisa, por exemplo, a composição química dos cimentos;
- reproduzir o ensaio de microscopia ótica com análise quantitativa de imagens por área de fechamento das fissuras;
- repetir o trabalho mantendo a coleta de dados do ensaio de propagação de onda ultrassônica para a condição íntegra em todas as situações;
- para comparar combinações manter para análise apenas os corpos de prova que possuam média de espessura das fissuras próximas entre si;
- executar o ensaio de água sob pressão como alternativa de mensurar a estanqueidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDEL-JAWAD, Y.; DEHN, F. Self-healing of self-compacting concrete. In: **Proceedings of SCC 2005**, Orlando, Florida, USA, p. 1023–1029, 2005.
- ABD-ELMOATY, A.-E Self-healing of polymer modified concrete. **Alexandria Engineering Journal** 50(2), p.171–178. 2011.
- AHN, T.-H.; KISHI, T. Crack Self-healing Behavior of Cementitious Composites Incorporating Various Mineral Admixtures. **Journal of Advanced Concrete Technology**, v. 8, n. 2, p. 171–186, 2010.
- AKHAVAN, A.; SHAFATIAN, S. M. H.; RAJABIPOUR, F. Quantifying the effects of crack width, tortuosity, and roughness on water permeability of cracked mortars. **Cement and Concrete Research**, v. 42, n. 2, p. 313–320, 2012.
- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **ACI 318**: building code requirements for structural concrete. ACI Committee 318. Detroit, Michigan, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: concreto - procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.
- _____. **NBR 5739**: concreto - ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.
- _____. **NBR 6118**: projeto de estruturas de concreto – procedimento. Rio de Janeiro, 2014.
- _____. **NBR 7211**: agregados para concreto - especificação. Rio de Janeiro, 2009.
- _____. **NBR 7215**: cimento Portland - determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996.
- _____. **NBR 7222**: concreto e argamassa — determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2011.
- _____. **NBR 8802**: concreto endurecido — determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica. Rio de Janeiro, 2013.
- _____. **NBR 9778**: argamassa e concreto endurecidos - determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2009.
- _____. **NBR 10908**: aditivos para argamassa e concreto - ensaios de caracterização. Rio de Janeiro, 2009.
- _____. **NBR 12142**: concreto — determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos. Rio de Janeiro, 2010.
- _____. **NBR 15575**: edificações habitacionais: desempenho. Rio de Janeiro, 2013.
- _____. **NBR 16605**: cimento Portland e outros materiais em pó - determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2017.

_____. **NBR 16697**: cimento Portland – requisitos. Rio de Janeiro, 2018.

_____. **NBR NM 18**: cimento Portland – análise química – determinação de perda ao fogo. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR NM 52**: agregado miúdo - determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR NM 53**: agregado graúdo - determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR NM 67**: concreto - determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.

_____. **NBR NM 248**: agregados - determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

AYUB, T.; SHAFIQ, N.; KHAN, S. U. Durability of Concrete with Different Mineral Admixtures: A Review. World Academy of Science, Engineering and Technology. **Internacional Journal of Civil, Environmental, Structural, Construction and Architectural Engineering**. vol.7. n.8. p. 601-612. 2013.

BERNARDINO DA SILVA, L. M. S. **Influência do carregamento precoce na retração por secagem do concreto**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2016.

BERRY, E. E.; MALHOTRA, V. M. **Fly Ash in Concrete**. CANMET SP85. Ottawa, Canada, 1986.

BREUGEL, K. V. Is there a market for self-healing cement-based materials? 1st International Conference on Self-healing Materials, Noordwijk aan zee, the Netherlands, 2007.

BERTOLINI, L. **Materiais de construção: Patologia, Reabilitação e Prevenção**. HELENE, P. Oficina de Textos, 2010.

CAPPELLESSO, V. G. **Uso de impermeabilizante por cristalização para redução da permeabilidade do concreto**. Monografia (Trabalho de conclusão do curso de engenharia civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2016.

CAPPELLESSO, V. G.; PETRY, N. S.; DAL MOLIN, D. C. C.; MASUERO, A. B. Use of crystalline waterproofing to reduce capillary porosity in concrete. **Journal of Building Pathology and Rehabilitation**. 1:9, p. 12. 2016.

ÇAKIR, Ö.; SOFYANH, Ö. Ö. Influence of silica fume on mechanical and physical properties of recycled aggregate concrete. **Housing and Building National Research Center**. v.11, pp. 157-166. 2015.

CHAKRABORTY, D.; AGARWAL, V. K.; BHATIA, S. K.; BELLARE, J. Steady-state transitions and polymorph transformations in continuous precipitation of calcium carbonate. **Industrial & Engineering Chemistry Research**. v.33 pp. 2187-2197. 1994.

CHEN, J.; XIANG, L. Controllable synthesis of calcium carbonate polymorphs at different temperatures. **Powder Technology**. v.189 pp. 64–69. 2009.

DE ROOIJ, M.; TITTELBOOM, K. V.; DE BELIE; N. SCHLANGEN, E. **Self-Healing Phenomena in Cement-Based Materials**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2013. v. 11

DA SILVA, F. B. et al. Production of non-axenic ureolytic spores for self-healing concrete applications. **Construction and Building Materials**, v. 93, p. 1034–1041, set. 2015.

DAL MOLIN, D. C. C. **Fissuras em estruturas de concreto armado: Análise das manifestações típicas e levantamento de casos ocorridos no estado do Rio Grande do Sul**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1988.

DESHPANDE, S.; DARWIN, D.; AND BROWNING, J. **Evaluating Free Shrinkage of Concrete for Control of Cracking in Bridge Decks**. SM Report No. 89, University of Kansas Center for Research, Inc., Lawrence, KS, p.290. 2007.

DONG, B. et al. Self-healing features in cementitious material with urea–formaldehyde/epoxy microcapsules. **Construction and Building Materials**, v. 106, p. 608–617, mar. 2016.

DRY, C. Procedures developed for self-repair of polymer matrix composite materials. **Composite Structures**. v. 35, pp. 263-269. 1996.

GHOSH, K. S. **Self-healing Materials: Fundamentals, Design Strategies, and Applications**. Edited by Swapan Kumar Ghosh. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim. India. 2009.

GJØRV, O. E. Durability of Concrete Containing Condensed Silica Fume. In: MALHOTRA, V. M. (Ed). In Proceedings, CANMET/ACI Internacional Conference on Fly Ash, Silica Fume, Slag and Natural Pozzolans in Concrete. v. 2. p. 695-708. ACI SP-79, 1983.

GJØRV, O. E. **Projeto de durabilidade de estruturas de concreto em ambientes de severa agressividade**. In: FIGUEIREDO, E. P.; HELENE, P. Ed. Oficina de Textos. São Paulo, 2015.

GRUYAERT, E.; ROBEYST, N.; DE BELIE, N. Study of the hydration of Portland cement blended with blast-furnace slag by calorimetry and thermogravimetry. In: **Journal of thermal analysis and calorimetry**. v. 102. no. 3. pp. 941-951. 2010.

HAN, Y. S.; HADIKO, G.; FUJI, M.; TAKAHASHI, M. Effect of flow rate and CO₂ content on the phase and morphology of CaCO₃ prepared by bubbling method. **Journal of Crystal Growth**. v.276 pp. 541–548. 2005.

HANNAT, D. J.; KEER, J. G. Autogenous healing of thin cement based sheets. **Cement and Concrete Research**, v. 13, p. 357-365, 1983.

HELENE.P.; ANDRADE.T. **Concreto de Cimento Portland**. In: ISAIA, G. C.(Ed). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. São Paulo: Ibracon, 2010.

HELENE, P.R.L.; TERZIAN, P. **Manual de Dosagem e Controle do Concreto**. São Paulo: PINI, 1992. 349 p.

HILLOULIN, B. et al. Design of polymeric capsules for self-healing concrete. **Cement and Concrete Composites**, v. 55, p. 298–307, jan. 2015.

HIRATA, F. B. **Avaliação da autocicatrização em concretos produzidos com aditivo cristalizante e fissurados nas primeiras idades**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2018.

HUANG, H.; YE, G.; DAMIDOT, D. Effect of blast furnace slag on self-healing of microcracks in cementitious materials. **Cement and Concrete Research**, v. 60, p. 68–82, 2014.

HUANG, H.; YE, G.; SHUI, Z. Feasibility of self-healing in cementitious materials – By using capsules or a vascular system? **Construction and Building Materials**. v. 63, p. 108–118, jul. 2014.

HUANG, H. **Thermodynamics of Autogenous Self-Healing in Cementitious Materials**, TU Delft, Delft, 2014.

HUANG, H.; YE, G.; QIAN, C.; SCHLANGEN, E. Self-healing in cementitious materials: Materials, methods and service conditions. **Materials and Design**. v.92, pp. 499-511. 2016.

JANG, S. Y.; KIM, B. S.; OH, B. H. Effect of crack width on chloride diffusion coefficients of concrete by steady-state migration tests. **Cement and Concrete Research**, v.41, pp. 9-19. 2011.

JENSEN, O. M. HANSEN, P. F. **Water-entrained cement-based materials**. I. Principles and theoretical background. *Cement and Concrete Research* 31 p.647- 654. 2001.

JONKERS, H. M. et al. Application of bacteria as self-healing agent for the development of sustainable concrete. **Ecological Engineering**, v. 36, n. 2, p. 230–235, 2010.

JUNG, W.M.; KANG, S. H.; KIM, W-S.; CHOI, C. K. Particle morphology of calcium carbonate precipitated by gas-liquid reaction in a Couette-Taylor reactor. **Chemical Engineering Science**. v.55 pp. 733-747. 2000.

KAN, L.; SHI, H. Investigation of self-healing behavior of engineered cementitious composites (ECC) materials. **Construction and Building Materials**. v.29, pp. 348-356. 2012.

LI, H.; XIAO, H.; YUAN, J.; OU, J. Microstructure of cement mortar with nanoparticles. **Composites: Part B Engineering** 35. p.185–189. Elsevier, 2004.

LI, V. C.; YANG, E. H. **Self-healing in concrete materials**. In: VAN DER ZWAAG, S. (ed.) *Self-healing Materials: An Alternative Approach to 20 Centuries of Materials Science*, p. 161-193. Dordrecht: Springer, 2007.

MAES, M.; SNOECK, D.; DE BELIE, N. Chloride penetration in cracked mortar and the influence of autogenous crack healing. **Construction and Building Materials**, v. 115, p. 114–124, jul. 2016.

MAES, M.; VAN TITTELBOOM, K.; DE BELIE, N. The efficiency of self-healing cementitious materials by means of encapsulated polyurethane in chloride containing environments. **Construction and Building Materials**, v. 71, p. 528–537, 2014.

MEHTA, P. K. **Role of Pozzlanic and Cementitious Materials in Sustainable Development of the Concrete Industry**. In Sixth CANMET/ACI Internacional Conference on Fly Ash, Silica Fume, Slag and Natural Pozzolans in Concrete. v. 1, p. 1-20. Bangkok, Thailand, 1998.

MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P.J.M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. In: HASPARYK, N. P. (Ed). 2. ed. São Paulo: Ibracon, 2014.

MOSH, T. **Interface esquadria/alvenaria e seu entorno: análise das manifestações patológicas típicas e propostas de soluções**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2009.

NA, S. H.; HAMA, Y.; TANIGUCHI, M.; KATSURA, O.; SAGAWA, T.; ZAKARIA, M. Experimental investigation on reaction rate and self-healing ability in fly ash blended cement mixtures. In: **Journal of Advanced Concrete Technology** v. 10, no. 7, pp. 240-253. 2012.

NONAT, A. A hidratação do cimento. **Durabilidade do Concreto: Bases cimentícias para a formulação de concretos duráveis de acordo com o ambiente**. Ed. OLLIVIER, J.P. e VICHOT, A. Ed. Tradução: CASCUDO, O. e CARASEK, H. São Paulo: IBRACON, 2014.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. In: CREMONINI, R. A. (Tradução) 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.

NEVŘIVOVÁ, L.; ŽIŽKOVÁ, N.; LÉDL, M. Influence of a Crystalline Additive on the Porosity of Cement Mortars. **Defect and Diffusion Forum**. Trans Tech Publications, Switzerland. v. 382. pp. 254-260. 2018.

NISHIWAKI, T. et al. Self-healing capability of fiber-reinforced cementitious composites for recovery of watertightness and mechanical properties. **Materials**, v. 7, n. 3, p. 2141–2154, 2014.

OLIVIER, K.; DARQUENNES, A.; BENBOUDJEMA, F.; GAGNÉ, R.; LOUIS, G.; BETRANCOURT, D. **Cementitious materials with mineral additions: impact on the self-healing kinetics and the products formation**. In: International Conference on Self-Healing Materials. 2015.

PALIN D.; WIKTOR, V.; JONKERS, H.M. Autogenous healing of marine exposed concrete: characterization and quantification through visual crack closure. **Cement and Concrete Research**. v. 73 pp. 17–24, 2015.

QIAN, S.; ZHOU, J.; DE ROOIJ, M. R.; SCHLANGEN, E.; YE, G.; VAN BREUGEL, K. Self-healing behavior of strain hardening cementitious composites incorporating local waste materials. In: **Cement and Concrete Composites**. v. 31, no. 9, pp. 613-621. 2009.

QIAN, S.Z.; ZHOU, J.; SCHLANGEN, E. Influence of curing condition and precracking time on the self-healing behavior of engineered cementitious composites. **Cement and Concrete Composites**. v. 32, pp. 686-693. 2010.

REINHARDT, H. W.; JOOSS, M. Permeability and self-healing of cracked concrete as a function of temperature and crack width. **Cement and Concrete Research**, v. 33, n. 7, p. 981–985, 2003.

RIBEIRO, D.V; CUNHA, M. P. T. Deterioração das estruturas de concreto armado. In: RIBEIRO, D.V (Ed) **Corrosão em Estruturas de Concreto Armado: Teoria, Controle e Métodos de análise**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

ROIG-FLORES, M.; MOSCATO, S.; SERNA, P.; FERRARA, L. Self-healing capability of concrete with crystalline admixtures in different environments. **Construction and Building Materials**. v. 86 pp. 1–11. 2015.

ŞAHMARAN, M.; LI, V. C. Durability properties of micro-cracked ECC containing high volumes fly ash. **Cement and Concrete Research**, v. 39, n. 11, p. 1033–1043, 2009.

SCHLANGEN, E.; JOSEPH, C. Self-Healing Processes in Concrete. In: GHOSH, S.; KUMAR (Eds.). **Self-Healing Materials: Fundamentals, Design Strategies, and Applications**. WILEY-VCH ed. Weinheim: [s.n.]. p. 141–182. 2009.

SCRIVENER, K., SNELLINGS, R., & LOTHENBACH, B. (EDS.) **A practical guide to microstructural analysis of cementitious materials**. Taylor & Francis Group: Boca Raton, FL. 2016.

SENISSE, J. A. L. **Influência do consume de água, da adição de microfibras de polipropileno e do tipo de cimento nas variações dimensionais de concretos empregados emp isos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre. 2010.

SHIM, K. B.; KISHI, T.; CHOI, C. S.; AHN, T. H. Cementitious materials for crack self-healing concrete. In: **Journal of Ceramic Processing Research**. v.16. pp. 1-13. 2015.

SIDDIQUE, R.; KHAN, M. I. **Supplementary Cementing Materials**. Engineering Materials, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011.

SIL, A.; ROY, D. K. S. Performance of High Volume Fly Ash Concrete Using Local Power Plant Fly Ash”, **International Journal of Composite and Constituent Materials journals pub**. 2015.

SISOMPHON, K.; COPUROGLU, O.; KOENDERS, E.A.B. Self-healing of surface cracks in mortars with expansive additive and crystalline additive. **Cement and Concrete Composites**. v. 34. pp. 566-574. 2012.

SISOMPHON, K.; COPUROGLU, O.; KOENDERS, E. A. B. Effect of exposure conditions on self-healing behavior of strain hardening cementitious composites incorporating various cementitious materials. In: **Construction and Building Materials** v. 42, pp. 217-224. 2013.

SNOECK, D.; VAN TITTELBOOM, K.; STEUPERAERT, S.; DUBRUEL, P.; DE BELIE, N. Self-healing cementitious materials by the combination of microfibres and superabsorbent polymers. **Journal of Intelligent Material Systems and Structures**. v. 25, pp. 13-24. 2014.

SNOECK, D.; DE BELIE, N. From straw in bricks to modern use of microfibres in cementitious composites for improved autogenous healing – a review, **Construction and Building Materials**. v. 95, pp. 774–787, 2015.

SNOECK, D.; DEWANCKELE, J.; CNUUDE, V. DE BELIE, N. X-ray computed microtomography to study autogenous healing of cementitious materials promoted by superabsorbent polymers, **Cement and Concrete Composites**. v. 65, pp. 83-93, 2016.

SNOECK, D.; SMETRYNS, P. A.; DE BELIE, N. Improved multiple cracking and autogenous healing in cementitious materials by means of chemically-treated natural fibres. **Biosystems Engineering**, v. 139, n. 1998, p. 87–99, 2015.

TAKAGI, E. M. **Concretos autocicatrizantes com cimentos brasileiros de escória de alto-forno ativados por catalisador cristalino**. [s.l.] Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2013.

TERMKHAJORNKIT, P.; NAWA, T.; YAMASHIRO, Y.; SAITO, T. Self-healing ability of fly ash–cement systems. **Cement & Concrete Composites**. v.31 pp. 195–203. 2009.

TER HEIDE, N.; SCHLANGEN, E. **Self-healing of early age cracks in concrete**. In: Proceedings of the first international conference on self-healing materials. Noordwijk aan Zee, The Netherlands, 2007.

TERZAGHI, R. D. Concrete deterioration in a shipway. *Journal*, **American Concrete Institute**. Detroit, MI. v.44, p.977. June, 1948.

VAN DEN HEEDE, P; MAES, M; DE BELIE, N. Influence of active crack width control on the chloride penetration resistance and global warming potential of slabs made with fly ash + silica fume concrete, **Construction and Building Materials**. v. 67 pp. 74–80, 2014.

VAN TITTELBOOM, K. **Self-Healing Concrete Through Incorporation of Encapsulated Bacteria- or Polymer-Based Healing Agents**. Dissertation. Faculty of Engineering and Architecture. Ghent University, Ghent, 2012.

VAN TITTELBOOM, K.; DE BELIE, N. Self-Healing in Cementitious Materials—A Review. **Materials**, v. 6, n. 6, p. 2182–2217, 27 maio 2013.

VENQUIARUTO, S. D. **Influência da microfissuração causada nas primeiras idades na durabilidade de concretos ao longo do tempo (Self-Healing)**. Tese (Doutorado). Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2017.

VIEIRA, G. L. **Influência da microfissuração causada por carregamento precoce nas propriedades mecânicas de concretos produzidos com diferentes tipos de cimento**. Tese (Doutorado). Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2008.

- WANG, Y. et al. Fabrication and characterization of self-healing microcapsules containing bituminous rejuvenator by a nano-inorganic / organic hybrid method. **Construction and Building Materials**, v. 121, p. 471–482, 2016.
- WIKTOR, V.; JONKERS, H. M. Quantification of crack-healing in novel bacteria-based self-healing concrete. **Cement and Concrete Composites**, v. 33, n. 7, p. 763–770, ago. 2011.
- WU, M.; JOHANNESSON, B.; GEIKER, M. A review: Self-healing in cementitious materials and engineered cementitious composite as a self-healing material. **Construction and Building Materials** 28. Elsevier. 2012. p.571-583
- YANG, Y.; YANG, E.-H.; LI, V. C. Autogenous healing of engineered cementitious composites at early age. **Cement and Concrete Research**, v. 41, n. 2, p. 176–183, fev. 2011.
- YANG, Y.; LEPECH, M.D.; YANG, E. H.; LI, V.C. Autogenous healing of engineered cementitious composites under wet-dry cycles, **Cement and Concrete Research**. v. 39, pp. 382-390. 2009.
- YOON, I.S.; SCHLANGEN, E.; DE ROOIJ, M.R.; VAN BREUGEL, K. The effect of cracks on chloride penetration into concrete, **Key Engineering Materials**. 769–772, 2007.
- YU, J. H.; YANG, E. H. Microstructure of self-healed PVA engineered cementitious composites under wet-dry cycles. In: **Advances in Applied Ceramics**. v.109, no. 7, pp. 399-404. 2010.
- ZAMOROWSKI, W. The phenomenon of self-regeneration of concrete. **The International Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete**, v. 7, n.2, pp. 199-201. 1985.
- ZAPPA, W. **Pilot-scale experimental work on the production of precipitated calcium carbonate (PCC) from steel slag for CO₂ fixation**. Thesis. School of Engineering. Department of Energy Technology. Aalto University. Finland. p.126. 2014.
- ZAYED, A.; SHANAHAN, N.; TRAN, V.; MARKANDEYA, A.; WILLIAMS, A.; ELNIHUM, A. **Effects of Chemical and Mineral Admixtures on Performance of Florida Structural Concrete**. Department of Civil and Environmental Engineering. University of South Florida. 2016.
- ŽIŽKOVÁ, N.; NEVŘIVOVÁ, L.; LÉDL, M. Durability of Cement Based Mortars Containing Crystalline Additives. Defect and Diffusion Forum. Trans Tech Publications, Switzerland. v. 382. pp. 246-253. 2018.
- ZHANG, Z.; QIAN, S.; MA, H. Investigating mechanical properties and self-healing behavior of micro-cracked ECC with different volume of fly ash. **Construction and Building Materials**, v. 52, p. 17–23, 2014.
- ZHONG, W.; YAO, W. Influence of damage degree on self-healing of concrete. **Construction and Building Materials**. [S.l.]. v.22, p.1137-1142. 2008.

ANEXO A – Granulometria a laser dos cimentos utilizados



DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA

CILAS 1180 Líquido

Faixa : 0.04 mu - 2500.00 mu / 100 Classes

Ref da amostra : IIF Type produit : Pó Client : UFRGS - LACER Comentários : Após calibração Líquido : Water (eau) Agente dispersante : Operador : Natália Empresa : UFRGS - LACER Localização : Porto Alegre - RS Data : 27/04/2018 Hora : 19:48:53 Índice med. : 5011	Ultrassom : 60 s Concentração : 89 Diâmetro a 10% : 0.34 mu Diâmetro a 50% : 2.13 mu Diâmetro a 90% : 35.78 mu Diâmetro médio : 12.84 mu Mie : 1.38-0.00/1.33 Densidade/Fator : ----- Superfície específica : ----- Diluição automática : Sim / Não Medida./Limp. : 60/60/4 SOP : UFRGS L
--	--

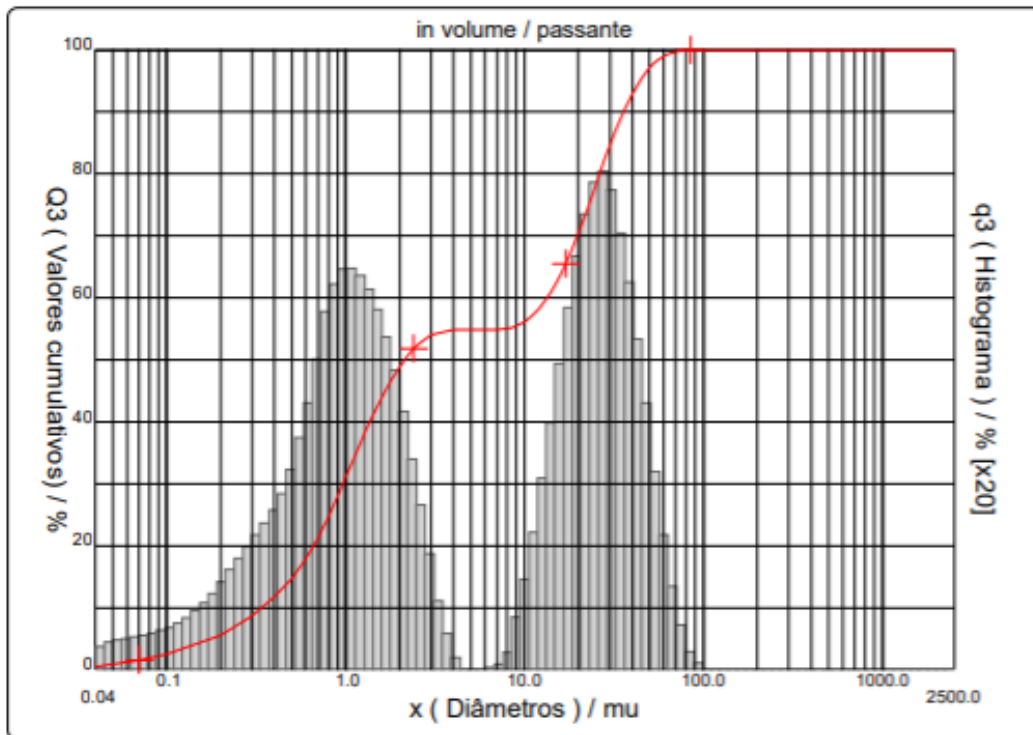
Valores cumulativos particulares					
x	0.10	1.00	10.00	100.0	1000.0
Q3	2.51	31.08	56.14	100.00	100.00

in volume / passante

x : diâmetro / mu Q3 : valor cumulativo / % q3 : Histograma / %

Porcentagem do usuário

%	100.0
Q3	90.00



Núm. de série : 570 Ref : 2.r114.m113.66A1818/5.00/5011/m26.12.40.20.1Fh.20.40.20.BhQ-.0.0.0.0/300.0.15.g60.0.9.10.1.10.P7200.27.80.P29.0/V 3.10.636



DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA CILAS 1180 Líquido

Faixa : 0.04 mu - 2500.00 mu / 100 Classes

Ref da amostra : IIF Type produit : Pó Client : UFRGS - LACER Comentários : Após calibração Líquido : Water (eau) Agente dispersante : Operador : Natália Empresa : UFRGS - LACER Localização : Porto Alegre - RS Data : 27/04/2018 Hora : 19:48:53 Índice med. : 5011	Ultrassom : 60 s Concentração : 89 Diâmetro a 10% : 0.34 mu Diâmetro a 50% : 2.13 mu Diâmetro a 90% : 35.78 mu Diâmetro médio : 12.84 mu Mie : 1.38-0.00/1.33 Densidade/Fator : ----- Superfície específica : ----- Diluição automática : Sim / Não Medida./Limp. : 60/60/4 SOP : UFRGS L
--	--

Valores cumulados característicos in volume / passante

x	0.04	0.07	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80
Q3	0.43	1.58	2.51	5.49	8.71	11.77	14.75	17.90	21.22	24.69
q3	0.16	0.22	0.28	0.46	0.85	1.14	1.43	1.85	2.31	2.78
x	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20
Q3	28.01	31.08	33.85	36.34	38.58	40.59	44.00	46.72	48.87	50.54
q3	3.02	3.12	3.11	3.06	3.00	2.90	2.73	2.47	2.18	1.88
x	2.40	2.60	3.00	4.00	5.00	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00
Q3	51.81	52.78	54.00	54.84	54.84	54.84	54.85	54.87	54.92	55.01
q3	1.56	1.30	0.91	0.31	0.00	0.00	0.01	0.03	0.08	0.15
x	8.50	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00
Q3	55.20	55.45	56.14	57.06	58.18	59.45	60.84	62.33	63.88	65.48
q3	0.34	0.47	0.70	1.03	1.38	1.70	2.01	2.31	2.57	2.83
x	18.00	19.00	20.00	22.00	25.00	28.00	32.00	36.00	38.00	40.00
Q3	67.10	68.74	70.37	73.57	78.13	82.21	86.69	90.18	91.63	92.90
q3	3.03	3.25	3.40	3.59	3.82	3.85	3.59	3.17	2.87	2.65
x	45.00	50.00	53.00	56.00	63.00	71.00	75.00	80.00	85.00	90.00
Q3	95.41	97.13	97.87	98.44	99.29	99.76	99.87	99.94	99.98	100.00
q3	2.28	1.75	1.36	1.11	0.77	0.42	0.21	0.12	0.07	0.04
x	95.00	100.0	106.0	112.0	125.0	130.0	140.0	145.0	150.0	160.0
Q3	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
x	170.0	180.0	190.0	200.0	212.0	242.0	250.0	300.0	400.0	500.0
Q3	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
x	600.0	700.0	800.0	900.0	1000.0	1100.0	1200.0	1300.0	1400.0	1500.0
Q3	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
x	1600.0	1700.0	1800.0	1900.0	2000.0	2100.0	2200.0	2300.0	2400.0	2500.0
Q3	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

x : diâmetro / mu Q3 : valor cumulativo / % q3 : Histograma / %



DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA

CILAS 1180 Líquido

Faixa : 0.04 mu - 2500.00 mu / 100 Classes

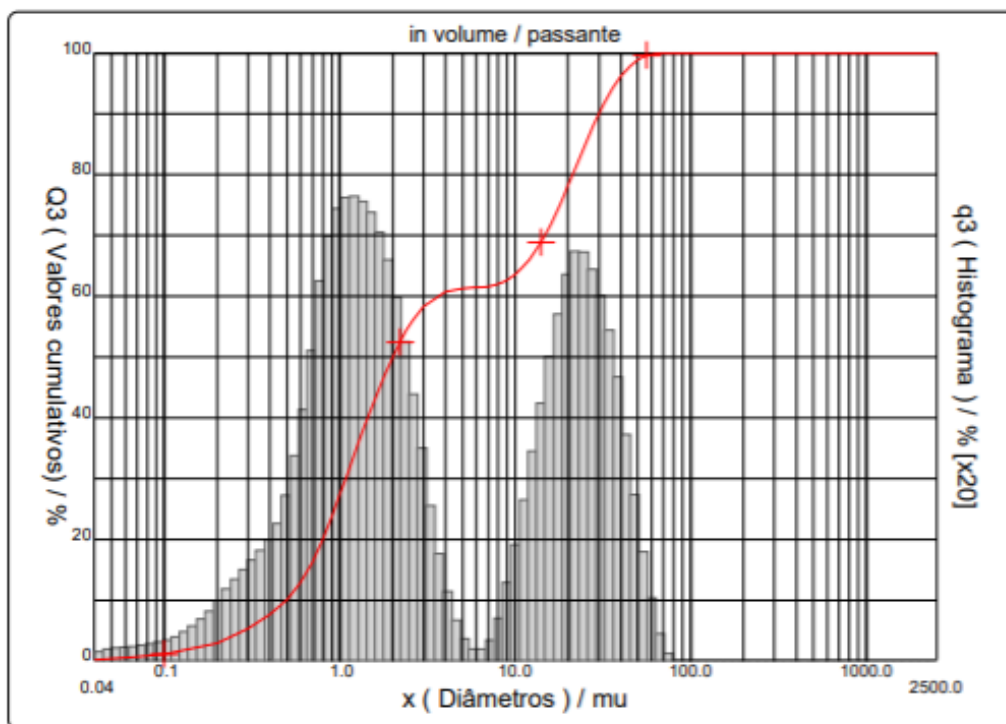
Ref da amostra : IV Type produit : Pó Client : UFRGS - LACER Comentários : Após calibração Líquido : Water (eau) Agente dispersante : Operador : Natália Empresa : UFRGS - LACER Localização : Porto Alegre - RS Data : 27/04/2018 Hora : 19:40:04 Índice med. : 5010	Ultrassom : 60 s Concentração : 105 Diâmetro a 10% : 0.50 mu Diâmetro a 50% : 2.00 mu Diâmetro a 90% : 30.09 mu Diâmetro médio : 10.07 mu Mie : 1.38-0.00/1.33 Densidade/Fator : ----- Superfície específica : ----- Diluição automática : Sim / Não Medida./Limp. : 60/60/4 SOP : UFRGS L
---	---

Valores cumulativos particulares					in volume / passante
x	0.10	1.00	10.00	100.0	1000.0
Q3	1.07	27.37	63.59	100.00	100.00

x : diâmetro / mu Q3 : valor cumulativo / % q3 : Histograma / %

Porcentagem do usuário

%	100.0
Q3	71.00



Núm. de série : 570 Ref : 2.r114.m113.66A1818/5.00/5010/m26.12.40.20.1Fh.20.40.20.BvQ-.0.0.0.0/300.0.15.g60.0.9.10.1.10.P7200.27.80.P29.0/V 3.10



DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA

CILAS 1180 Líquido

Faixa : 0.04 mu - 2500.00 mu / 100 Classes

Ref da amostra : IV Type produit : Pó Client : UFRGS - LACER Comentários : Após calibração Líquido : Water (eau) Agente dispersante : Operador : Natália Empresa : UFRGS - LACER Localização : Porto Alegre - RS Data : 27/04/2018 Hora : 19:40:04 Índice med. : 5010	Ultrassom : 60 s Concentração : 105 Diâmetro a 10% : 0.50 mu Diâmetro a 50% : 2.00 mu Diâmetro a 90% : 30.09 mu Diâmetro médio : 10.07 mu Mie : 1.38-0.00/1.33 Densidade/Fator : ----- Superfície específica : ----- Diluição automática : Sim / Não Medida./Limp. : 60/60/4 SOP : UFRGS L
---	---

Valores cumulados característicos in volume / passante

	x	0.04	0.07	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80
	Q3	0.16	0.64	1.07	2.87	5.27	7.62	10.05	12.94	16.28	20.05
	q3	0.06	0.09	0.13	0.27	0.62	0.86	1.14	1.67	2.28	2.97
	x	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20
	Q3	23.81	27.37	30.65	33.65	36.39	38.90	43.29	46.94	49.95	52.41
	q3	3.35	3.55	3.62	3.62	3.60	3.56	3.46	3.26	3.00	2.71
	x	2.40	2.60	3.00	4.00	5.00	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00
	Q3	54.41	56.01	58.29	60.70	61.30	61.45	61.52	61.62	61.78	62.00
	q3	2.42	2.10	1.67	0.88	0.28	0.09	0.09	0.14	0.24	0.36
	x	8.50	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00
	Q3	62.31	62.68	63.59	64.70	65.97	67.36	68.83	70.35	71.91	73.47
	q3	0.54	0.68	0.91	1.22	1.53	1.83	2.08	2.32	2.54	2.70
	x	18.00	19.00	20.00	22.00	25.00	28.00	32.00	36.00	38.00	40.00
	Q3	75.04	76.60	78.13	81.04	84.89	88.12	91.60	94.27	95.33	96.23
	q3	2.89	3.03	3.13	3.21	3.17	3.00	2.74	2.38	2.06	1.84
	x	45.00	50.00	53.00	56.00	63.00	71.00	75.00	80.00	85.00	90.00
	Q3	97.89	98.91	99.30	99.58	99.90	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
	q3	1.48	1.02	0.70	0.53	0.29	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00
	x	95.00	100.0	106.0	112.0	125.0	130.0	140.0	145.0	150.0	160.0
	Q3	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
	q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	x	170.0	180.0	190.0	200.0	212.0	242.0	250.0	300.0	400.0	500.0
	Q3	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
	q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	x	600.0	700.0	800.0	900.0	1000.0	1100.0	1200.0	1300.0	1400.0	1500.0
	Q3	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
	q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	x	1600.0	1700.0	1800.0	1900.0	2000.0	2100.0	2200.0	2300.0	2400.0	2500.0
	Q3	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
	q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

x : diâmetro / mu Q3 : valor cumulativo / % q3 : Histograma / %



DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA

CILAS 1180 Líquido

Faixa : 0.04 μ m - 2500.00 μ m / 100 Classes

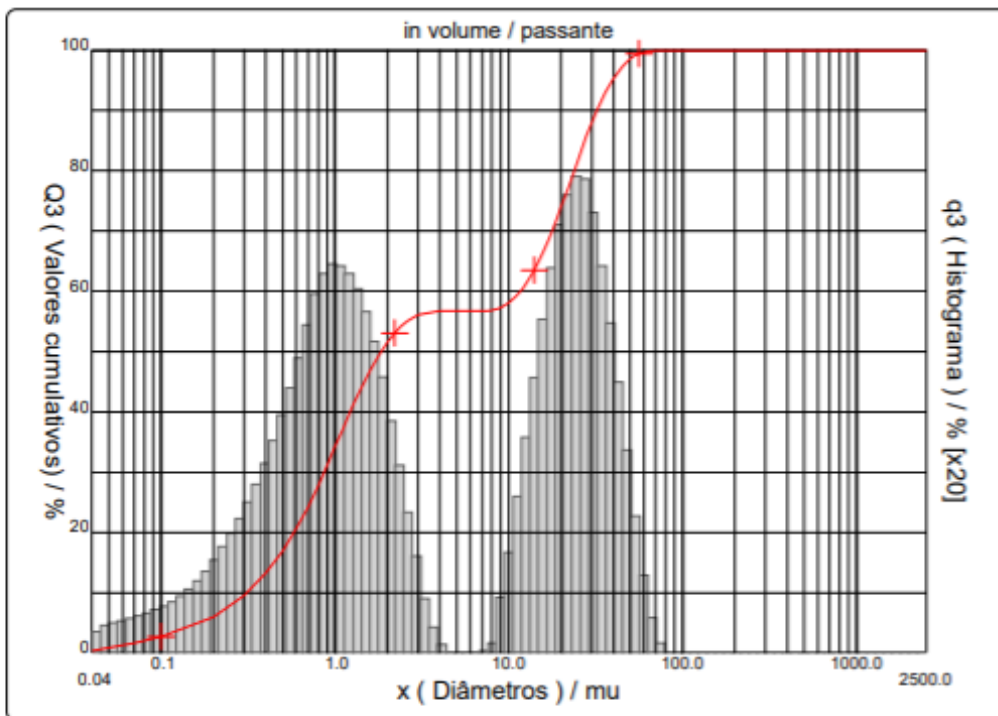
Ref da amostra : V Type produit : Pó Client : UFRGS - LACER Comentários : Após calibração Líquido : Water (eau) Agente dispersante : Operador : Natália Empresa : UFRGS - LACER Localização : Porto Alegre - RS Data : 27/04/2018 Hora : 21:15:38 Índice med. : 5012	Ultrassom : 60 s Concentração : 92 Diâmetro a 10% : 0.31 μ m Diâmetro a 50% : 1.85 μ m Diâmetro a 90% : 32.17 μ m Diâmetro médio : 11.35 μ m Mie : 1.38-0.00/1.33 Densidade/Fator : ----- Superfície específica : ----- Diluição automática : Sim / Não Medida./Limp. : 60/60/4 SOP : UFRGS L
--	--

Valores cumulativos particulares						in volume / passante
x	0.10	1.00	10.00	100.0	1000.0	
Q3	2.65	34.20	58.10	100.00	100.00	

x : diâmetro / μ m Q3 : valor cumulativo / % q3 : Histograma / %

Porcentagem do usuário

%	100.0
Q3	71.00



Núm. de série : 570 Ref : 2.r114.m113.66A1818/5.00/5012/m26.12.40.20.1Fh.20.40.20.8hQ-.0.0.0.0/300.0.15.g60.0.9.10.1.10.P7200.27.80.P29.0/V 3.10.635



DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA CILAS 1180 Líquido

Faixa : 0.04 mu - 2500.00 mu / 100 Classes

Ref da amostra : V Type produit : Pó Client : UFRGS - LACER Comentários : Após calibração Líquido : Water (eau) Agente dispersante : Operador : Natália Empresa : UFRGS - LACER Localização : Porto Alegre - RS Data : 27/04/2018 Hora : 21:15:38 Índice med. : 5012	Ultrassom : 60 s Concentração : 92 Diâmetro a 10% : 0.31 mu Diâmetro a 50% : 1.85 mu Diâmetro a 90% : 32.17 mu Diâmetro médio : 11.35 mu Mie : 1.38-0.00/1.33 Densidade/Fator : ----- Superfície específica : ----- Diluição automática : Sim / Não Medida./Limp. : 60/60/4 SOP : UFRGS L
--	--

Valores cumulados característicos in volume / passante

	x	0.04	0.07	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80
	Q3	0.40	1.60	2.65	5.97	9.55	13.19	16.87	20.55	24.21	27.79
	q3	0.15	0.23	0.32	0.52	0.96	1.38	1.79	2.20	2.58	2.92
	x	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20
	Q3	31.14	34.20	36.95	39.42	41.63	43.60	46.91	49.51	51.53	53.06
	q3	3.09	3.16	3.14	3.09	3.00	2.89	2.70	2.40	2.09	1.75
	x	2.40	2.60	3.00	4.00	5.00	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00
	Q3	54.22	55.07	56.12	56.76	56.76	56.76	56.76	56.76	56.78	56.83
	q3	1.45	1.16	0.80	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.08
	x	8.50	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00
	Q3	57.03	57.31	58.10	59.18	60.48	61.95	63.54	65.22	66.94	68.69
	q3	0.36	0.53	0.82	1.23	1.63	2.00	2.33	2.65	2.90	3.14
	x	18.00	19.00	20.00	22.00	25.00	28.00	32.00	36.00	38.00	40.00
	Q3	70.44	72.18	73.89	77.18	81.74	85.69	89.86	92.97	94.22	95.30
	q3	3.33	3.50	3.63	3.76	3.88	3.79	3.40	2.87	2.52	2.29
	x	45.00	50.00	53.00	56.00	63.00	71.00	75.00	80.00	85.00	90.00
	Q3	97.33	98.60	99.10	99.45	99.86	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
	q3	1.88	1.31	0.93	0.69	0.38	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00
	x	95.00	100.0	106.0	112.0	125.0	130.0	140.0	145.0	150.0	160.0
	Q3	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
	q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	x	170.0	180.0	190.0	200.0	212.0	242.0	250.0	300.0	400.0	500.0
	Q3	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
	q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	x	600.0	700.0	800.0	900.0	1000.0	1100.0	1200.0	1300.0	1400.0	1500.0
	Q3	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
	q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	x	1600.0	1700.0	1800.0	1900.0	2000.0	2100.0	2200.0	2300.0	2400.0	2500.0
	Q3	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
	q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

x : diâmetro / mu Q3 : valor cumulativo / % q3 : Histograma / %

**ANEXO B – Relatórios do DMAE da qualidade da água do município
de Porto Alegre**



DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTOS

Gerência de Tratamento de Água - Mensal

Frequência: (Todas) Período: De 01/01/2018 até 31/01/2018

Valores médios do Sistema Geral de Distribuição

MES	ANO	pH (6,0 a 9,5)	Turbidez (Máximo 5,0 UT)	Cor Aparente (Máximo 15 mg Pt-Co/L)	Cloro Residual Livre (Mínimo 0,2 mg Cl ₂ /L)	Cloro Residual Combinado (Mínimo 2,0 mg Cl ₂ /L)	Coliformes Totais (Ausência em 100 mL)
01	2018	6,3	0,50	<3	1,06	0,52	Ausente

* Valores médios do sistema geral de distribuição de Porto Alegre, que compreende os seguintes sistemas: SAA - Belém Novo, SAA - Ilha da Pintada, SAA - Menino Deus, SAA - Moinhos de Vento, SAA - São João, SAA - Tristeza

Amostras analisadas e valores médios por Sistema

SISTEMA DE ABASTECIMENTO	pH (6,0 a 9,5)			Turbidez (Máximo 5,0 UT)			Cor Aparente (Máximo 15 mg Pt-Co/L)			Cloro Residual (min. 0,2 mg Cl ₂ /L ou >2,0 mg Cl ₂ /L)			Coliformes Totais (Ausência em 100 mL)				
	Amostras Realizadas	Amostras Exigidas	Média pH	Amostras Realizadas	Amostras Exigidas	Média Turbidez	Amostras Realizadas	Amostras Exigidas	Média Cor	Amostras Realizadas	Amostras Exigidas	Média CRL	Média CRC	Amostras Realizadas	Amostras Exigidas	Média CT	
SAA - Belém Novo	01 2018 0	172	6,5	172	172	0,50	48	172	172	<3	150	172	1,04	150	172	169	A
SAA - Ilha da Pintada	01 2018 0	26	6,3	26	26	0,50	10	26	26	<3	16	26	1,07	16	26	25	A
SAA - Menino Deus	01 2018 0	332	298	6,2	332	332	61	332	330	<3	212	332	1,07	212	332	328	A
SAA - Moinhos de Vento	01 2018 0	151	150	6,3	112	151	33	151	151	<3	112	151	1,04	112	151	149	A
SAA - São João	01 2018 0	244	244	6,3	198	244	59	244	244	<3	198	244	0,99	198	244	244	A
SAA - Tristeza	01 2018 0	90	90	6,5	90	90	10	90	90	<3	52	90	1,14	52	90	88	A

Legenda:

Coluna "Média CT": A = Ausente, P = Presente

Cloro Residual: CRL = Cloro residual livre, CRC = Cloro residual combinado.

Nota 1: O teor mínimo de Cloro Residual na água potável a ser atendido, segundo a legislação, deverá ser de 0,2 mg Cl₂/L para o Cloro Livre ou de 2,0 mg Cl₂/L para o Cloro Residual Combinado. No que se refere ao processo de desinfecção, o DMAE faz uso de processos alternativos de desinfecção, com dióxido de cloro, permitido pela legislação. A eficiência desta medida é comprovada por meio da inativação microbiológica, verificada pela ausência de coliformes totais.

Nota 2: A análise de pH na rede de distribuição não é obrigatória, e a faixa de 6,0 a 9,5 é uma recomendação.



DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTOS

Gerência de Tratamento de Água - Mensal



Frequência:(Todas) Período: De 01/02/2018 até 28/02/2018

Valores médios do Sistema Geral de Distribuição

MES	ANO	pH (6,0 a 9,5)	Turbidez (Máximo 5,0 UT)	Cor Aparente (Máximo 15 mg Pt-Co/L)	Cloro Residual Livre (Mínimo 0,2 mg Cl ₂ /L)	Cloro Residual Combinado (Mínimo 2,0 mg Cl ₂ /L)	Coliformes Totais (Ausência em 100 mL)
02	2018	6,4	0,50	<3	1,23	0,47	Ausente

* Valores médios do sistema geral de distribuição de Porto Alegre, que compreende os seguintes sistemas: SAA - Belém Novo, SAA - Ilha da Pintada, SAA - Menino Deus, SAA - Moinhos de Vento, SAA - São João, SAA - Tristeza

Amostras analisadas e valores médios por Sistema

SISTEMA DE ABASTECIMENTO	MES	ANO	pH (6,0 a 9,5)			Turbidez (Máximo 5,0 UT)			Cor Aparente (Máximo 15 mg Pt-Co/L)			Cloro Residual (min. 0,2 mg Cl ₂ /L ou >2,0 mg Cl ₂ /L)			Coliformes Totais (Ausência em 100 mL)						
			Amostras Conformes	Amostras Exigidas	Média pH	Amostras Conformes	Amostras Realizadas	Amostras Exigidas	Média Turbidez	Amostras Conformes	Amostras Realizadas	Amostras Exigidas	Média Cor	Amostras Conformes	Amostras Realizadas	Amostras Exigidas	Média CRL	Média CRC	Amostras Conformes	Amostras Realizadas	Amostras Exigidas
SAA - Belém Novo	02	2018	0	178	6,5	178	178	0,45	48	178	178	<3	150	178	178	1,13	0,46	150	178	176	A
SAA - Ilha da Pintada	02	2018	0	25	25	6,3	16	25	25	25	25	<3	16	25	24	1,31	0,50	16	25	25	A
SAA - Menino Deus	02	2018	0	305	282	6,3	212	305	304	300	300	<3	212	305	300	1,29	0,51	212	300	297	A
SAA - Moinhos de Vento	02	2018	0	131	131	6,3	112	131	131	131	131	<3	112	131	130	1,02	0,47	112	131	131	A
SAA - São João	02	2018	0	255	255	6,4	198	255	255	255	255	<3	198	255	252	1,26	0,42	198	255	252	A
SAA - Tristeza	02	2018	0	71	71	6,5	52	71	71	71	71	<3	52	71	71	1,38	0,45	52	71	71	A

Legenda:

Coluna "Média CT": A = Ausente, P = Presente

Cloro Residual: CRL = Cloro residual livre, CRC = Cloro residual combinado.

Nota 1: O teor mínimo de Cloro Residual na água potável a ser atendido, segundo a legislação, deverá ser de 0,2 mg Cl₂/L para o Cloro Livre ou de 2,0 mg Cl₂/L para o Cloro Residual Combinado. No que se refere ao processo de desinfecção, o DMAE faz uso de processos alternativos de desinfecção, com dióxido de cloro, permitido pela legislação. A eficiência desta medida é comprovada por meio da inativação microbiológica, verificada pela ausência de coliformes totais.

Nota 2: A análise de pH na rede de distribuição não é obrigatória, e a faixa de 6,0 a 9,5 é uma recomendação.



DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTOS

Gerência de Tratamento de Água - Mensal



Período: De 01/03/2018 até 31/03/2018

Valores médios do Sistema Geral de Distribuição

MES	ANO	pH (6,0 a 9,5)	Turbidez (Máximo 5,0 UT)	Cor Aparente (Máximo 15 mg Pt-Co/L)	Cloro Residual Livre (Mínimo 0,2 mg Cl ₂ /L)	Cloro Residual Combinado (Mínimo 2,0 mg Cl ₂ /L)	Coliformes Totais (Ausência em 100 mL)
03	2018	6,3	0,55	<3	0,97	0,45	Ausente

* Valores médios do sistema geral de distribuição de Porto Alegre, que compreende os seguintes sistemas: SAA - Belém Novo, SAA - Ilha da Pintada, SAA - Menino Deus, SAA - Moinhos de Vento, SAA - São João, SAA - Tristeza

Amostras analisadas e valores médios por Sistema

SISTEMA DE ABASTECIMENTO	MES	ANO	pH (6,0 a 9,5)			Turbidez (Máximo 5,0 UT)			Cor Aparente (Máximo 15 mg Pt-Co/L)			Cloro Residual (min. 0,2 mg CRL/L ou >2,0 mg CRC/L)			Coliformes Totais (Ausência em 100 mL)				
			Amostras Conformes	Amostras Realizadas	Amostras Exigidas	Amostras Conformes	Amostras Realizadas	Amostras Exigidas	Amostras Conformes	Amostras Realizadas	Amostras Exigidas	Amostras Conformes	Amostras Realizadas	Amostras Exigidas	Amostras Conformes	Amostras Realizadas	Amostras Exigidas		
SAA - Belém Novo	03	2018	0	176	6,4	152	176	176	176	176	176	176	176	176	176	176	174	A	
	03	2018	0	23	6,4	16	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	22	A	
	03	2018	0	314	276	214	314	314	314	289	314	289	314	289	314	314	307	A	
	03	2018	0	134	133	6,3	114	134	134	134	134	133	133	133	134	134	133	A	
	03	2018	0	251	249	6,4	200	251	247	3	200	251	242	1,06	0,48	200	251	248	A
	03	2018	0	73	73	6,3	53	73	72	<3	53	73	73	0,90	0,32	53	73	73	A

Legenda:

Coluna "Média CT": A = Ausente, P = Presente

Cloro Residual: CRL = Cloro residual livre, CRC = Cloro residual combinado.

Nota 1: O teor mínimo de Cloro Residual na água potável a ser atendido, segundo a legislação, deverá ser de 0,2 mg Cl₂/L para o Cloro Livre ou de 2,0 mg Cl₂/L para o Cloro Residual Combinado. No que se refere ao processo de desinfecção, o DMAE faz uso de processos alternativos de desinfecção, com dióxido de cloro, permitido pela legislação. A eficiência desta medida é comprovada por meio da inativação microbiológica, verificada pela ausência de coliformes totais.

Nota 2: A análise de pH na rede de distribuição não é obrigatória, e a faixa de 6,0 a 9,5 é uma recomendação.



DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTOS

Gerência de Tratamento de Água - Mensal



Sazonalidade: (Todas) Período: De 01/04/2018 até 30/04/2018

Valores médios do Sistema Geral de Distribuição

MES	ANO	pH (6,0 a 9,5)	Turbidez (Máximo 5,0 UT)	Cor Aparente (Máximo 15 mg Pt-Co/L)	Cloro Residual Livre (Mínimo 0,2 mg Cl ₂ /L)	Cloro Residual Combinado (Mínimo 2,0 mg Cl ₂ /L)	Coliformes Totais (Ausência em 100 mL)
04	2018	6,3	0,55	<3	1,01	0,47	Ausente

* Valores médios do sistema geral de distribuição de Porto Alegre, que compreende os seguintes sistemas: SAA - Belém Novo, SAA - Ilha da Pintada, SAA - Menino Deus, SAA - Moinhos de Vento, SAA - São João, SAA - Tristeza

Amostras analisadas e valores médios por Sistema

SISTEMA DE ABASTECIMENTO	MES	ANO	pH (6,0 a 9,5)			Turbidez (Máximo 5,0 UT)			Cor Aparente (Máximo 15 mg Pt-Co/L)			Cloro Residual (min. 0,2 mg Cl ₂ /L ou >2,0 mg CRC/L)			Coliformes Totais (Ausência em 100 mL)			
			Amostras Conformes	Amostras Exigidas	Amostras Realizadas	Amostras Conformes	Amostras Exigidas	Amostras Realizadas	Amostras Conformes	Amostras Exigidas	Amostras Realizadas	Amostras Conformes	Amostras Exigidas	Amostras Realizadas	Amostras Conformes	Amostras Exigidas	Amostras Realizadas	
SAA - Belém Novo	04	2018	0	166	157	6,4	152	166	166	49	166	166	152	166	166	162	162	A
	04	2018	0	27	27	6,3	16	27	27	10	27	27	26	27	27	27	27	A
	04	2018	0	310	284	6,2	214	310	310	62	310	301	310	301	310	310	303	A
	04	2018	0	141	130	6,3	114	141	141	33	141	138	141	141	141	141	140	A
	04	2018	0	260	260	6,4	200	260	260	59	260	246	260	260	260	260	259	A
SAA - Tristeza	04	2018	0	72	72	6,4	53	72	72	10	72	71	72	71	72	70	70	A
	04	2018	0	72	72	6,4	53	72	72	10	72	71	72	71	72	70	70	A

Legenda:

Coluna "Média CT": A = Ausente, P = Presente

Cloro Residual: CRL = Cloro residual livre, CRC = Cloro residual combinado.

Nota 1: O teor mínimo de Cloro Residual na água potável a ser atendido, segundo a legislação, deverá ser de 0,2 mg Cl₂/L para o Cloro Livre ou de 2,0 mg Cl₂/L para o Cloro Residual Combinado. No que se refere ao processo de desinfecção, o DMAE faz uso de processos alternativos de desinfecção, com dióxido de cloro, permitido pela legislação. A eficiência desta medida é comprovada por meio da inativação microbiológica, verificada pela ausência de coliformes totais.

Nota 2: A análise de pH na rede de distribuição não é obrigatória, e a faixa de 6,0 a 9,5 é uma recomendação.



DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTOS

Gerência de Tratamento de Água - Mensal

Período: De 01/05/2018 até 31/05/2018

Valores médios do Sistema Geral de Distribuição

MES	ANO	pH (6,0 a 9,5)	Turbidez (Máximo 5,0 UT)	Cor Aparente (Máximo 15 mg Pt-Co/L)	Cloro Residual Livre (Mínimo 0,2 mg Cl ₂ /L)	Cloro Residual Combinado (Mínimo 2,0 mg Cl ₂ /L)	Coliformes Totais (Ausência em 100 mL)
05	2018	6,4	0,60	<3	0,88	0,65	Ausente

* Valores médios do sistema geral de distribuição de Porto Alegre, que compreende os seguintes sistemas: SAA - Belém Novo, SAA - Ilha da Pintada, SAA - Menino Deus, SAA - Moinhos de Vento, SAA - São João, SAA - Tristeza

Amostras analisadas e valores médios por Sistema

SISTEMA DE ABASTECIMENTO	MES	ANO	pH (6,0 a 9,5)			Turbidez (Máximo 5,0 UT)			Cor Aparente (Máximo 15 mg Pt-Co/L)			Cloro Residual (min. 0,2 mg CRL/L ou >2,0 mg CRC/L)			Coliformes Totais (Ausência em 100 mL)						
			Amostras Conformes	Amostras Exigidas	Média pH	Amostras Conformes	Amostras Realizadas	Amostras Exigidas	Amostras Conformes	Amostras Realizadas	Amostras Exigidas	Amostras Conformes	Amostras Realizadas	Amostras Exigidas	Amostras Conformes	Amostras Realizadas	Amostras Exigidas				
SAA - Belém Novo	05	2018	0	167	166	6,4	152	167	0,60	49	167	166	<3	152	167	165	1,06	0,39	152	167	166
			27	27	27	6,4	16	27	27	0,50	10	27	27	<3	16	27	26	1,21	0,40	16	27
	05	2018	0	265	260	6,3	214	265	0,55	62	265	264	<3	214	265	220	0,43	1,16	214	265	260
			125	124	6,3	114	125	125	0,85	33	125	124	<3	114	125	120	0,90	0,61	114	125	125
	05	2018	0	209	209	6,4	200	209	0,70	59	209	208	<3	200	209	199	0,82	0,86	200	209	206
			69	69	6,6	53	69	69	0,60	10	69	69	<3	53	69	68	0,86	0,47	53	69	69

Legenda:

Coluna "Média CT": A = Ausente, P = Presente
Cloro Residual: CRL = Cloro residual livre, CRC = Cloro residual combinado.

Nota 1: O teor mínimo de Cloro Residual na água potável a ser atendido, segundo a legislação, deverá ser de 0,2 mg Cl₂/L para o Cloro Livre ou de 2,0 mg Cl₂/L para o Cloro Residual Combinado. No que se refere ao processo de desinfecção, o DMAE faz uso de processos alternativos de desinfecção, com dióxido de cloro, permitido pela legislação. A eficiência desta medida é comprovada por meio da inativação microbiológica, verificada pela ausência de coliformes totais.

Nota 2: A análise de pH na rede de distribuição não é obrigatória, e a faixa de 6,0 a 9,5 é uma recomendação.

**APÊNDICE A – Planilhas dos resultados referentes a caracterização
dos concretos: resistência à compressão axial**

Cimento CII-F

Abertura de Fissuras aos 3 dias - CII-F										
3dias		Média D	Média H	Carga (kN)	Rc (Mpa)	Relação h/d	Rc corrigido (Mpa)	Média (Mpa)	Desvio Padrão (Mpa)	Coef. Variação (%)
0,30	CP1	100,08	197,97	316,70	40,28	1,98	40,02	40,94	2,24	5,47
	CP2	100,22	190,86	329,30	41,77	1,90	41,43			
	CP3	100,52	190,98	350,40	44,18	1,90	43,79			
	CP4	99,73	195,60	303,70	38,90	1,96	38,53			
0,40	CP1	100,30	194,04	246,10	31,15	1,93	30,85	28,98	1,65	5,70
	CP2	100,33	195,76	226,80	28,69	1,95	28,39			
	CP3	100,09	192,74	220,50	28,02	1,93	27,71			
0,50	CP1	99,55	193,55	166,70	21,42	1,94	21,04	21,34	1,17	5,50
	CP2	100,29	196,43	161,60	20,46	1,96	20,34			
	CP3	99,94	190,40	178,70	22,78	1,91	22,63			

Abertura de Fissuras aos 28 dias - CII-F										
28dias		Média D	Média H	Carga (kN)	Rc (Mpa)	Relação h/d	Rc corrigido (Mpa)	Média (Mpa)	Desvio Padrão (Mpa)	Coef. Variação (%)
0,30	CP1	100,29	196,51	481,60	61,00	1,96	60,80	55,73	3,73	6,69
	CP2	99,50	181,96	430,50	55,39	1,83	54,64			
	CP3	99,75	194,68	407,00	52,10	1,95	51,90			
	CP4	100,12	197,84	438,00	55,66	1,98	55,57			
0,40	CP1	100,04	190,75	323,90	41,23	1,91	40,93	41,09	0,32	0,79
	CP2	99,84	192,23	321,70	41,11	1,93	40,88			
	CP3	100,46	195,19	330,10	41,67	1,94	41,47			
0,50	CP1	100,38	196,34	230,80	29,16	1,96	29,07	28,06	1,11	3,95
	CP2	100,28	197,05	217,20	27,50	1,96	27,41			
	CP3	100,39	193,07	213,80	27,01	1,92	26,84			
	CP4	100,00	195,10	228,10	29,04	1,95	28,92			

Cimento CPIV

Abertura de Fissuras aos 3 dias - CPIV										
3dias		Média D	Média H	Carga (kN)	Rc (Mpa)	Relação h/d	Rc corrigido (Mpa)	Média (Mpa)	Desvio Padrão (Mpa)	Coef. Variação (%)
0,30	CP1	100,16	185,70	241,40	30,65	1,85	30,29	29,79	0,54	1,83
	CP2	98,90	197,51	229,40	29,87	2,00	29,87			
	CP3	100,10	197,09	230,30	29,28	1,97	29,21			
0,40	CP1	99,10	195,84	163,90	21,25	1,98	21,22	20,43	1,11	5,42
	CP2	99,66	194,74	153,90	19,73	1,95	19,65			
0,50	CP1	100,76	187,22	111,90	14,03	1,86	13,88	13,61	0,38	2,81
	CP2	99,20	194,00	103,40	13,38	1,96	13,34			

Abertura de Fissuras aos 28 dias - CPIV										
28dias		Média D	Média H	Carga (kN)	Rc (Mpa)	Relação h/d	Rc corrigido (Mpa)	Média (Mpa)	Desvio Padrão (Mpa)	Coef. Variação (%)
0,30	CP1	100,48	196,32	305,40	38,51	1,95	38,36	38,14	0,32	0,83
	CP2	100,11	197,35	299,10	38,00	1,97	37,91			
0,40	CP1	100,02	196,18	158,80	20,21	1,96	20,15	20,54	0,55	2,69
	CP2	100,32	195,77	166,10	21,01	1,95	20,93			
0,50	CP1	99,84	192,94	153,40	19,59	1,93	19,48	19,90	0,58	2,93
	CP2	100,24	194,96	160,90	20,39	1,95	20,31			

Cimento CPV

Abertura de Fissuras aos 3 dias - CPV										
3dias		Média D	Média H	Carga (kN)	Rc (Mpa)	Relação h/d	Rc corrigido (Mpa)	Média (Mpa)	Desvio Padrão (Mpa)	Coef. Variação (%)
0,30	CP1	99,48	195,32	365,70	47,07	1,96	46,92	46,40	0,74	1,60
	CP2	100,37	196,11	364,20	46,06	1,95	45,87			
0,40	CP1	99,78	193,30	237,70	30,40	1,94	30,25	32,53	1,97	6,06
	CP2	99,87	194,02	265,00	33,83	1,94	33,66			
	CP3	100,17	193,12	266,90	33,87	1,93	33,68			
0,50	CP1	99,90	191,02	177,00	22,58	1,91	22,42	21,37	1,48	6,92
	CP2	99,98	188,65	161,00	20,51	1,89	20,33			

Abertura de Fissuras aos 28 dias - CPV										
28dias		Média D	Média H	Carga (kN)	Rc (Mpa)	Relação h/d	Rc corrigido (Mpa)	Média (Mpa)	Desvio Padrão (Mpa)	Coef. Variação (%)
0,30	CP1	100,34	197,85	393,30	49,73	1,97	49,62	51,53	2,71	5,26
	CP2	99,61	193,61	418,50	53,71	1,94	53,45			
0,40	CP1	99,95	192,45	253,30	32,28	1,93	32,10	31,38	1,02	3,25
	CP2	99,92	194,20	241,60	30,81	1,94	30,66			
0,50	CP1	99,95	193,51	214,80	27,37	1,94	27,24	27,55	0,53	1,92
	CP2	99,75	193,34	214,00	27,39	1,94	27,25			
	CP3	99,98	194,07	222,20	28,30	1,94	28,17			

APÊNDICE B – Planilhas dos resultados referentes a medição das espessuras das fissuras nos prismas para análises de aut cicatrização

Cimento CPIV

CIVIL - 2022 - Análise de Impacto Social		Tabela 1		Tabela 2		Tabela 3		Tabela 4		Tabela 5		Tabela 6		Tabela 7		Tabela 8		Tabela 9	
CP	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES
1	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
7	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
8	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
9	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
TOTAL	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

APÊNDICE C – Planilhas dos resultados referentes a recuperação das propriedades mecânicas: ensaio de flexão em quatro pontos

ABERTURA DE FISSURAS AOS 3 DIAS - FISSURADOS													
CPIIF - 0,30													
3 DIAS							91 DIAS						
CP's	Betonada	Média altura	Média largura	Carga (N)	Módulo de ruptura (MPa)	Média MR (MPa)	DP MR (MPa)	CV MR (MPa)	Carga (N)	Módulo de ruptura (MPa)	Média MR (MPa)	DP MR (MPa)	CV MR (MPa)
1	B1	67,00	69,79	6746	5,382	4,85	0,40	8,17	QUEBRA		0,07	-	-
2	B3	64,92	66,65	4749	4,227				QUEBRA				
3	B3	67,07	65,34	6194	5,268				QUEBRA				
4	B3	65,25	66,58	5136	4,530				79	0,0697			
5	B1	67,77	68,10	5557	4,442				QUEBRA				
6	B2	69,23	68,67	6851	5,204				QUEBRA				
7	B4	65,28	64,52	5104	4,640				QUEBRA				
8	B4	67,40	68,19	6187	4,992				QUEBRA				
9	B4	69,98	64,83	5668	4,463				QUEBRA				
10	B2	66,91	65,32	5931	5,071				QUEBRA				
11	B2	66,90	63,01	5754	5,101				QUEBRA				
CPIIF - 0,40													
3DIAS							91 DIAS						
CP's	Betonada	Média altura	Média largura	Carga (N)	Módulo de ruptura (MPa)	Média MR (MPa)	DP MR (MPa)	CV MR (MPa)	Carga (N)	Módulo de ruptura (MPa)	Média MR (MPa)	DP MR (MPa)	CV MR (MPa)
1	B3	68,09	68,44	0	0,000	1,02	1,60	157,22	177	0,139	0,20	0,16	79,63
2	B2	68,24	68,80	3783	2,952				309	0,241			
3	B4	67,06	68,76	0	0,000				177	0,143			
4	B1	66,31	66,10	3895	3,350				QUEBRA				
5	B3	66,34	67,22	0	0,000				171	0,144			
6	B2	68,01	66,60	0	0,000				158	0,128			
7	B1	69,31	66,98	0	0,000				105	0,082			
8	B4	65,40	66,22	0	0,000				131	0,116			
9	B2	68,33	68,54	0	0,000				QUEBRA				
10	B2	69,54	66,94	0	0,000				749	0,578			
11	B2	72,86	67,32	5176	3,621				79	0,055			
12	B4	66,97	69,29	0	0,000				177	0,142			
13	B3	67,81	70,35	4690	3,625				151	0,117			
14	B1	66,53	68,42	0	0,000				QUEBRA				
15	B1	65,55	66,09	3816	3,360				624	0,549			
16	B1	65,83	63,58	0	0,000				QUEBRA				
17	B2	65,55	66,35	0	0,000				256	0,224			
18	B4	65,64	67,41	0	0,000				QUEBRA				
19	B3	66,69	67,36	0	0,000				164	0,137			
20	B4	67,18	64,78	4046	3,460				171	0,146			
CPIIF - 0,50													
3DIAS							91 DIAS						
CP's	Betonada	Média altura	Média largura	Carga (N)	Módulo de ruptura (MPa)	Média MR (MPa)	DP MR (MPa)	CV MR (MPa)	Carga (N)	Módulo de ruptura (MPa)	Média MR (MPa)	DP MR (MPa)	CV MR (MPa)
1	B1	65,72	70,01	3238	2,677	2,81	0,30	10,67	1268	1,048	0,28	0,25	88,24
2	B1	67,85	67,70	4355	3,493				QUEBRA				
3	B1	69,82	69,56	4105	3,027				20	0,015			
4	B3	66,11	69,90	3258	2,666				13	0,011			
5	B3	64,69	65,76	3153	2,864				QUEBRA				
6	B3	67,53	67,67	3665	2,969				204	0,165			
7	B1	69,77	69,64	3645	2,688				677	0,499			
8	B3	66,73	66,69	3678	3,096				315	0,265			
9	B2	67,77	66,87	3613	2,941				414	0,337			
10	B2	69,32	69,26	3698	2,777				230	0,173			
11	B2	65,82	71,11	3337	2,708				250	0,203			
12	B2	68,26	67,29	2883	2,299				479	0,382			
13	B3	65,99	62,89	3127	2,855				486	0,444			
14	B1	66,28	66,81	2792	2,378				348	0,296			
15	B4	68,72	65,98	3980	3,193				322	0,258			
16	B2	69,96	63,78	3291	2,636				72	0,058			
17	B2	67,28	67,85	3540	2,881				131	0,107			
18	B3	66,56	65,15	3304	2,862				112	0,097			
19	B2	69,13	66,81	2923	2,289				558	0,437			

ABERTURA DE FISSURAS AOS 3 DIAS - NÃO FISSURADOS									
CPIIF- 0,30									
3 DIAS					91 DIAS				
CP's	Betonada	Média altura	Média largura	Comprim	Carga (N)	Módulo de ruptura (MPa)	Média MR (MPa)	DP MR (MPa)	CV MR (MPa)
1	B4	69,50	65,78	30,8	9393	7,391	7,26	0,78	10,76
2	B1	69,53	63,05	31,2	9511	7,800			
3	B4	67,40	65,01	30,8	8992	7,611			
4	B2	66,11	67,27	30,7	9163	7,792			
5	B3	68,53	67,52	30,9	9189	7,244			
6	B1	65,62	66,87	30,4	6601	5,731			
CPIIF - 0,40									
3DIAS					91 DIAS				
CP's	Betonada	Média altura	Média largura	Comprim	Carga (N)	Módulo de ruptura (MPa)	Média MR (MPa)	DP MR (MPa)	CV MR (MPa)
1	B3	67,60	68,56	31	5557	4,434	4,84	0,26	5,32
2	B3	66,35	68,06	30,9	QUEBRA				
3	B1	67,34	66,28	30,3	5944	4,945			
4	B2	67,43	66,62	30,3	5787	4,775			
5	B4	67,71	69,13	31	6476	5,109			
6	B4	70,03	67,96	31,2	6608	4,956			
CPIIF - 0,50									
3DIAS					91 DIAS				
CP's	Betonada	Média altura	Média largura	Comprim	Carga (N)	Módulo de ruptura (MPa)	Média MR (MPa)	DP MR (MPa)	CV MR (MPa)
1	B2	70,32	68,85	31	5439	3,994	4,78	0,63	13,09
2	B4	70,86	63,33	31,2	6562	5,159			
3	B4	69,72	63,74	31,1	6588	5,315			
4	B4	69,28	69,97	30,5	7041	5,241			
5	B4	67,12	60,46	30,3	4329	3,973			
6	B4	69,34	65,23	30,5	6266	4,996			

ABERTURA DE FISSURAS AOS 28 DIAS - FISSURADOS													
CPIIF - 0,30													
28 DIAS									91 DIAS				
CP's	Betonada	Média altura	Média largura	Carga (N)	Módulo de ruptura (MPa)	Média MR (MPa)	DP MR (MPa)	CV MR (MPa)	Carga (N)	Módulo de ruptura (MPa)	Média MR (MPa)	DP MR (MPa)	CV MR (MPa)
1	B4	68,80	67,94	4703	3,656	4,22	0,47	11,14	131	0,102	0,16	0,15	91,83
2	B3	69,32	59,73	4821	4,200				QUEBRA				
3	B4	65,92	67,65	5314	4,519				QUEBRA				
4	B3	69,01	59,76	QUEBRA					QUEBRA				
5	B4	67,28	65,76	4696	3,944				493	0,414			
6	B1	67,04	69,38	5596	4,487				112	0,090			
7	B2	68,07	67,48	4887	3,908				72	0,058			
8	B3	64,68	66,78	5373	4,808				QUEBRA				
9	B4	70,67	69,35	6194	4,471				QUEBRA				
10	B1	68,74	65,48	5984	4,836				QUEBRA				
11	B2	69,31	66,16	5353	4,210				QUEBRA				
12	B3	65,86	65,54	3803	3,344				145	0,128			
CPIIF - 0,40													
28 DIAS									91 DIAS				
CP's	Betonada	Média altura	Média largura	Carga (N)	Módulo de ruptura (MPa)	Média MR (MPa)	DP MR (MPa)	CV MR (MPa)	Carga (N)	Módulo de ruptura (MPa)	Média MR (MPa)	DP MR (MPa)	CV MR (MPa)
1	B4	65,98	66,44	4946	4,275	3,76	0,51	13,42	QUEBRA		0,14	0,10	68,60
2	B1	64,68	66,72	3547	3,177				236	0,211			
3	B2	65,97	65,01	4302	3,802				92	0,081			
4	B1	69,01	66,54	4348	3,430				QUEBRA				
5	B4	66,01	66,11	4670	4,053				145	0,126			
6	B4	67,52	65,55	4664	3,902				190	0,159			
7	B2	68,88	66,22	6522	5,189				138	0,110			
8	B2	66,23	67,78	4250	3,573				QUEBRA				
9	B3	66,67	66,29	3980	3,377				138	0,117			
10	B1	67,20	64,85	4828	4,121				QUEBRA				
11	B3	69,14	66,96	4453	3,478				39	0,030			
12	B1	67,29	68,04	5104	4,142				33	0,027			
13	B4	66,78	66,78	4591	3,854				QUEBRA				
14	B2	67,58	66,08	4506	3,733				QUEBRA				
15	B4	67,95	68,43	3875	3,066				217	0,172			
16	B3	70,40	65,80	4407	3,378				59	0,045			
17	B3	66,23	68,95	QUEBRA					QUEBRA				
18	B1	71,50	68,69	5537	3,942				453	0,322			
19	B3	67,41	68,83	4059	3,245				374	0,299			
CPIIF - 0,50													
28 DIAS									91 DIAS				
CP's	Betonada	Média altura	Média largura	Carga (N)	Módulo de ruptura (MPa)	Média MR (MPa)	DP MR (MPa)	CV MR (MPa)	Carga (N)	Módulo de ruptura (MPa)	Média MR (MPa)	DP MR (MPa)	CV MR (MPa)
1	B1	65,85	71,04	5097	4,137	3,99	0,49	12,28	QUEBRA		0,24	0,22	91,46
2	B3	66,67	64,57	3573	3,112				709	0,618			
3	B4	67,55	67,35	5504	4,477				QUEBRA				
4	B1	67,47	67,15	5314	4,346				59	0,048			
5	B3	70,40	66,44	5255	3,990				QUEBRA				
6	B2	67,49	67,35	5136	4,186				QUEBRA				
7	B4	65,34	69,93	4401	3,685				79	0,066			
8	B3	68,68	66,77	4572	3,629				190	0,151			
9	B1	66,20	69,44	5583	4,586				QUEBRA				
10	B4	69,79	68,94	5327	3,966				QUEBRA				
11	B3	70,58	69,59	5104	3,681				QUEBRA				
12	B1	68,13	68,55	6194	4,867				QUEBRA				
13	B3	67,65	67,97	4854	3,901				486	0,391			
14	B3	65,44	69,50	3928	3,300				210	0,176			

ABERTURA DE FISSURAS AOS 28 DIAS - NÃO FISSURADOS									
CPIIF - 0,30									
28 DIAS					91 DIAS				
CP's	Betonada	Média altura	Média largura	Comprim	Carga (N)	Módulo de ruptura (MPa)	Média MR (MPa)	DP MR (MPa)	CV MR (MPa)
1	B4	65,83	66,69	30,4	6562	5,677	5,63	0,55	9,68
2	B1	68,23	65,76	31,2	6995	5,712			
3	B3	67,74	69,04	30,7	6352	5,013			
4	B2	65,08	61,99	30,3	5563	5,298			
5	B4	67,07	66,73	30,8	7757	6,460			
CPIIF - 0,40									
28 DIAS					91 DIAS				
CP's	Betonada	Média altura	Média largura	Comprim	Carga (N)	Módulo de ruptura (MPa)	Média MR (MPa)	DP MR (MPa)	CV MR (MPa)
1	B4	66,71	63,68	30,9	4237	3,738	3,86	0,21	5,48
2	B3	68,28	69,53	30,6	5163	3,982			
3	B2	64,96	65,76	30,3	4118	3,709			
4	B4	68,29	67,38	30,4	5064	4,028			
5	B1	66,45	66,30	30,4	4808	4,105			
6	B1	68,27	68,35	30,5	4552	3,572			
CPIIF - 0,50									
28 DIAS					91 DIAS				
CP's	Betonada	Média altura	Média largura	Comprim	Carga (N)	Módulo de ruptura (MPa)	Média MR (MPa)	DP MR (MPa)	CV MR (MPa)
1	B4	67,44	69,11	30,2	5622	4,471	4,04	0,49	12,02
2	B2	68,64	65,44	30,7	4657	3,777			
3	B1	66,84	70,03	30,4	5780	4,619			
4	B4	64,77	62,63	30,4	3448	3,281			
5	B3	69,26	66,42	30,7	5064	3,974			
6	B2	69,89	67,22	30,9	5425	4,130			

ABERTURA DE FISSURAS AOS 3 DIAS - FISSURADOS													
CPIV - 0,30													
3 DIAS									91 DIAS				
CP's	Betonada	Média altura	Média largura	Carga (N)	Módulo de ruptura (MPa)	Média MR (MPa)	DP MR (MPa)	CV MR (MPa)	Carga (N)	Módulo de ruptura (MPa)	Média MR (MPa)	DP MR (MPa)	CV MR (MPa)
1	B3	65,33	67,75	4729	4,088	4,14	0,84	20,37	20	0,017	0,13	0,09	69,48
2	B3	65,80	69,63	3915	3,247				13	0,011			
3	B3	67,48	68,09	4105	3,310				322	0,260			
4	B2	66,30	69,31	4388	3,601				105	0,086			
5	B2	66,38	68,21	6509	5,415				151	0,126			
6	B2	68,51	70,41	3764	2,847				210	0,159			
7	B2	64,99	68,95	5051	4,336				112	0,096			
8	B3	68,47	71,88	7199	5,340				388	0,287			
9	B3	68,74	69,10	6332	4,849				26	0,020			
10	B2	68,92	69,36	5071	3,848				256	0,194			
11	B3	66,81	67,38	5938	4,935				164	0,136			
12	B3	65,48	66,86	4466	3,895				230	0,200			
CPIV - 0,40													
3 DIAS									91 DIAS				
CP's	Betonada	Média altura	Média largura	Carga (N)	Módulo de ruptura (MPa)	Média MR (MPa)	DP MR (MPa)	CV MR (MPa)	Carga (N)	Módulo de ruptura (MPa)	Média MR (MPa)	DP MR (MPa)	CV MR (MPa)
1	B5	68,45	68,47	4394	3,424	3,35	0,54	16,02	355	0,276	0,19	0,12	61,46
2	B4	69,64	70,58	5189	3,790				243	0,177			
3	B4	68,42	70,41	4210	3,194				QUEBRA				
4	B4	67,34	68,92	2995	2,396				QUEBRA				
5	B5	68,24	71,41	5806	4,365				66	0,050			
6	B5	67,51	70,08	4512	3,532				QUEBRA				
7	B4	69,28	70,00	4939	3,675				QUEBRA				
8	B4	65,91	68,81	3107	2,598				145	0,121			
9	B5	66,81	69,90	3954	3,168				493	0,395			
10	B5	68,66	68,84	3967	3,056				118	0,091			
11	B5	66,96	72,29	4887	3,770				348	0,268			
12	B4	68,09	71,96	4335	3,249				171	0,128			
CPIV - 0,50													
3 DIAS									91 DIAS				
CP's	Betonada	Média altura	Média largura	Carga (N)	Módulo de ruptura (MPa)	Média MR (MPa)	DP MR (MPa)	CV MR (MPa)	Carga (N)	Módulo de ruptura (MPa)	Média MR (MPa)	DP MR (MPa)	CV MR (MPa)
1	B8	65,88	66,75	4040	3,487	3,08	0,50	16,33	QUEBRA		0,23	0,12	50,31
2	B8	68,18	67,89	4355	3,450				328	0,260			
3	B7	68,43	69,45	4230	3,252				QUEBRA				
4	B8	68,91	68,18	4447	3,434				QUEBRA				
5	B7	66,29	69,26	2956	2,428				466	0,383			
6	B8	66,13	67,61	3849	3,255				243	0,205			
7	B7	68,25	69,28	4335	3,358				105	0,081			
8	B7	66,60	68,95	4545	3,715				QUEBRA				
9	B7	67,47	67,44	2793	2,274				302	0,246			
10	B8	68,96	67,24	3803	2,973				112	0,088			
11	B8	66,68	69,38	2746	2,226				420	0,340			
12	B7	67,64	73,68	4250	3,152				QUEBRA				

ABERTURA DE FISSURAS AOS 3 DIAS - NÃO FISSURADOS								
CPIV - 0,30								
3 DIAS				91 DIAS				
CP's	Betonada	Média altura	Média largura	Carga (N)	Módulo de ruptura (MPa)	Média MR (MPa)	DP MR (MPa)	CV MR (MPa)
1	B3	66,74	69,42	6463	5,226	5,42	0,48	8,81
2	B3	67,34	68,61	7054	5,668			
3	B3	68,16	69,81	6503	5,013			
4	B2	65,97	71,13	7783	6,285			
5	B2	66,35	70,47	6424	5,177			
6	B2	65,06	68,35	5971	5,159			
CPIV - 0,40								
3 DIAS				91 DIAS				
CP's	Betonada	Média altura	Média largura	Carga (N)	Módulo de ruptura (MPa)	Média MR (MPa)	DP MR (MPa)	CV MR (MPa)
1	B5	67,50	68,97	5196	4,134	3,94	0,51	12,87
2	B5	67,04	68,28	5596	4,559			
3	B5	78,34	70,00	5701	3,318			
4	B4	66,27	68,03	4539	3,798			
5	B4	68,33	68,18	5577	4,380			
6	B4	65,98	67,21	4013	3,428			
CPIV - 0,50								
3 DIAS				91 DIAS				
CP's	Betonada	Média altura	Média largura	Carga (N)	Módulo de ruptura (MPa)	Média MR (MPa)	DP MR (MPa)	CV MR (MPa)
1	B8	66,65	67,24	3041	2,545	2,95	0,37	12,53
2	B8	68,32	69,07	4512	3,499			
3	B7	70,17	69,92	4440	3,224			
4	B7	68,18	67,69	3606	2,865			
5	B8	67,09	66,92	3113	2,584			
6	B7	68,00	68,58	3783	2,983			

ABERTURA DE FISSURAS AOS 28 DIAS - FISSURADOS														
CPIV - 0,30														
28 DIAS									91 DIAS					
CP's	Betonada	Média altura	Média largura	Carga (N)	Módulo de ruptura (MPa)	Média MR (MPa)	DP MR (MPa)	CV MR (MPa)	Carga (N)	Módulo de ruptura (MPa)	Média MR (MPa)	DP MR (MPa)	CV MR (MPa)	
1	B3	68,01	69,70	6493	5,035	5,06	0,40	7,98	QUEBRA	0,08	-	-		
2	B2	70,48	71,12	7186	5,086				QUEBRA					
3	B3	68,48	68,72	6700	5,198				QUEBRA					
4	B2	68,09	68,62	6332	4,977				QUEBRA					
5	B3	68,26	67,89	7049	5,571				QUEBRA					
6	B2	67,87	68,67	5714	4,516				QUEBRA					
7	B2	70,57	72,05	7906	5,509				QUEBRA					
8	B3	68,97	68,58	7317	5,607				QUEBRA					
9	B2	65,23	69,09	5136	4,368				92					0,078
10	B2	65,71	71,54	6417	5,193				QUEBRA					
11	B3	68,09	71,26	6615	5,005				QUEBRA					
12	B2	67,39	72,47	6063	4,606				QUEBRA					
CPIV - 0,40														
28 DIAS									91 DIAS					
CP's	Betonada	Média altura	Média largura	Carga (N)	Módulo de ruptura (MPa)	Média MR (MPa)	DP MR (MPa)	CV MR (MPa)	Carga (N)	Módulo de ruptura (MPa)	Média MR (MPa)	DP MR (MPa)	CV MR (MPa)	
1	B4	69,17	68,65	5209	3,965	4,14	0,39	9,36	QUEBRA	0,06	0,05	80,73		
2	B5	68,18	66,87	4585	3,687				13					0,010
3	B4	66,80	68,26	5163	4,237				QUEBRA					
4	B5	63,80	70,51	5826	5,075				145					0,126
5	B4	67,56	71,50	5636	4,317				QUEBRA					
6	B5	68,14	68,21	4775	3,770				79					0,062
7	B4	65,89	71,09	4749	3,847				QUEBRA					
8	B5	68,19	70,36	5741	4,387				QUEBRA					
9	B4	67,74	70,41	5675	4,391				QUEBRA					
10	B5	67,41	69,43	4742	3,758				QUEBRA					
11	B4	68,02	69,82	5419	4,194				QUEBRA					
12	B5	66,55	69,92	5031	4,062				53					0,043
CPIV - 0,50														
28 DIAS									91 DIAS					
CP's	Betonada	Média altura	Média largura	Carga (N)	Módulo de ruptura (MPa)	Média MR (MPa)	DP MR (MPa)	CV MR (MPa)	Carga (N)	Módulo de ruptura (MPa)	Média MR (MPa)	DP MR (MPa)	CV MR (MPa)	
1	B7	67,86	67,93	4782	3,822	3,37	0,35	10,35	QUEBRA	0,22	0,14	64,61		
2	B8	69,89	68,75	4329	3,223				420					0,313
3	B7	69,15	68,15	4690	3,598				QUEBRA					
4	B8	65,95	57,70	3980	3,965				164					0,163
5	B7	69,23	67,47	4591	3,549				59					0,046
6	B8	66,60	68,23	3744	3,093				151					0,125
7	B7	65,57	66,58	3448	3,012				230					0,201
8	B8	67,32	69,54	3862	3,064				217					0,172
9	B7	66,82	68,82	3783	3,078				414					0,337
10	B8	65,97	68,51	3751	3,145				631					0,529
11	B7	67,96	68,93	3967	3,115				177					0,139
12	B8	67,48	67,11	4631	3,788				171					0,140

ABERTURA DE FISSURAS AOS 28 DIAS - NÃO FISSURADOS								
CPIV - 0,30								
28 DIAS				91 DIAS				
CP's	Betonada	Média altura	Média largura	Carga (N)	Módulo de ruptura (MPa)	Média MR (MPa)	DP MR (MPa)	CV MR (MPa)
1	B2	67,19	71,68	6667	5,151	6,07	0,87	14,34
2	B3	69,07	71,72	7639	5,581			
3	B2	66,93	69,21	7035	5,674			
4	B3	67,11	69,01	7186	5,780			
5	B2	67,38	73,00	8880	6,699			
6	B3	68,01	69,14	9603	7,506			
CPIV - 0,40								
28 DIAS				91 DIAS				
CP's	Betonada	Média altura	Média largura	Carga (N)	Módulo de ruptura (MPa)	Média MR (MPa)	DP MR (MPa)	CV MR (MPa)
1	B5	67,16	70,69	6936	5,438	4,72	0,92	19,53
2	B4	64,42	69,17	4040	3,519			
3	B5	69,06	72,55	7225	5,221			
4	B4	67,67	69,72	6581	5,153			
5	B5	66,91	71,70	6982	5,437			
6	B4	68,80	70,88	4782	3,563			
CPIV - 0,50								
28 DIAS				91 DIAS				
CP's	Betonada	Média altura	Média largura	Carga (N)	Módulo de ruptura (MPa)	Média MR (MPa)	DP MR (MPa)	CV MR (MPa)
1	B7	67,19	69,93	3685	2,918	3,39	0,89	26,19
2	B8	67,04	67,53	3061	2,522			
3	B7	67,76	70,10	4230	3,285			
4	B8	67,33	69,36	5682	4,517			
5	B7	66,04	68,09	5301	4,463			
6	B8	69,17	68,13	3462	2,655			

ABERTURA DE FISSURAS AOS 3 DIAS - FISSURADOS													
CPV - 0,30													
3 DIAS									91 DIAS				
CP's	Betonada	Média altura	Média largura	Carga (N)	Módulo de ruptura (MPa)	Média MR (MPa)	DP MR (MPa)	CV MR (MPa)	Carga (N)	Módulo de ruptura (MPa)	Média MR (MPa)	DP MR (MPa)	CV MR (MPa)
1	B1	68,94	66,76	7153	5,635	4,46	1,06	23,80	QUEBRA		0,02	0,01	49,27
2	B2	66,81	66,11	5603	4,746				26	0,022			
3	B2	78,21	68,12	7921	4,753				QUEBRA				
4	B2	67,53	68,00	8486	6,842				QUEBRA				
5	B2	66,37	69,32	4151	3,399				13	0,011			
6	B2	69,47	68,36	4795	3,634				QUEBRA				
7	B	68,54	66,07	5728	4,614				QUEBRA				
8	B1	67,26	70,53	5064	3,968				QUEBRA				
9	B1	68,00	70,38	5058	3,885				QUEBRA				
10	B1	65,96	68,02	3764	3,179				QUEBRA				
11	B1	68,47	68,00	5629	4,414				QUEBRA				
CPV - 0,40													
3DIAS									91 DIAS				
CP's	Betonada	Média altura	Média largura	Carga (N)	Média Módulo de ruptura	Média Módulo	DP Módulo	CV Módulo	Carga (N)	Módulo de ruptura (MPa)	Média MR (MPa)	DP MR (MPa)	CV MR (MPa)
1	B5	65,51	67,63	4204	3,621	4,51	0,62	13,68	138	0,119	0,12	0,08	64,57
2	B5	68,79	67,68	5918	4,620				145	0,113			
3	B4	65,97	66,85	4026	3,460				158	0,136			
4	B4	66,57	67,43	5393	4,511				QUEBRA				
5	B4	66,56	67,43	5774	4,832				190	0,159			
6	B4	68,37	70,32	7120	5,415				QUEBRA				
7	B5	66,99	67,31	6056	5,012				QUEBRA				
8	B5	66,50	68,06	5340	4,435				72	0,060			
9	B5	67,61	69,53	5734	4,510				217	0,171			
10	B5	67,92	68,90	6713	5,279				39	0,031			
11	B4	67,37	67,69	4677	3,806				309	0,251			
12	B4	69,15	69,82	6181	4,628				13	0,010			
CPV - 0,50													
3DIAS									91 DIAS				
CP's	Betonada	Média altura	Média largura	Carga (N)	Média Módulo de ruptura	Média Módulo	DP Módulo	CV Módulo	Carga (N)	Módulo de ruptura (MPa)	Média MR (MPa)	DP MR (MPa)	CV MR (MPa)
1	B8	65,94	66,07	3291	2,864	3,30	0,30	9,20	105	0,091	0,21	0,21	99,11
2	B7	66,95	67,30	4072	3,375				256	0,212			
3	B7	68,54	64,90	4315	3,538				125	0,102			
4	B8	68,73	64,22	4394	3,622				QUEBRA				
5	B8	66,03	66,36	3731	3,223				650	0,562			
6	B7	67,14	65,97	4407	3,705				20	0,017			
7	B8	68,26	65,24	4105	3,376				26	0,021			
8	B7	69,63	66,94	3573	2,753				322	0,248			
9	B8	69,16	64,81	4315	3,480				361	0,291			
10	B8	66,98	66,92	3842	3,199				QUEBRA				
11	B8	67,39	68,20	4361	3,520				13	0,010			
12	B8	66,66	68,16	3626	2,993				690	0,570			

ABERTURA DE FISSURAS AOS 3 DIAS - NÃO FISSURADOS								
CPV - 0,30								
3 DIAS				91 DIAS				
CP's	Betonada	Média altura	Média largura	Carga (N)	Módulo de ruptura	Média MR (MPa)	DP MR (MPa)	CV MR (MPa)
1	B1	66,61	66,01	7100	6,060	6,45	0,72	11,22
2	B1	67,37	67,62	7613	6,202			
3	B1	69,68	67,95	7974	6,042			
4	B2	67,93	69,62	8394	6,532			
5	B2	68,54	66,80	7521	5,993			
6	B2	66,67	67,34	9426	7,872			
CPV - 0,40								
3DIAS				91 DIAS				
CP's	Betonada	Média altura	Média largura	Carga (N)	Módulo de ruptura	Média MR (MPa)	DP MR (MPa)	CV MR (MPa)
1	B5	66,39	68,89	5728	4,716	4,50	0,36	8,04
2	B4	70,10	67,46	5714	4,309			
3	B5	66,59	67,37	4900	4,101			
4	B4	67,80	66,27	6201	5,089			
5	B5	66,00	65,78	5228	4,561			
6	B4	67,49	68,62	5314	4,250			
CPV - 0,50								
3DIAS				91 DIAS				
CP's	Betonada	Média altura	Média largura	Carga (N)	Módulo de ruptura	Média MR (MPa)	DP MR (MPa)	CV MR (MPa)
1	B8	65,62	61,07	4315	4,102	3,97	0,37	9,31
2	B8	66,26	76,38	4736	3,530			
3	B7	65,40	65,34	4782	4,278			
4	B7	66,43	67,29	5051	4,253			
5	B8	66,18	62,75	4585	4,170			
6	B7	64,61	66,32	3836	3,464			

ABERTURA DE FISSURAS AOS 28 DIAS - FISSURADOS													
CPV - 0,30													
28 DIAS									91 DIAS				
CP's	Betonada	Média altura	Média largura	Carga (N)	Módulo de ruptura	Média Módulo	DP Módulo	CV Módulo	Carga (N)	Módulo de ruptura (MPa)	Média MR (MPa)	DP MR (MPa)	CV MR (MPa)
1	B2	77,55	61,57	5012	3,384	4,84	0,63	12,92	QUEBRA		0,19	0,12	59,75
2	B1	66,48	65,49	5852	5,055				QUEBRA				
3	B2	67,14	62,31	4985	4,436				368	0,327			
4	B1	66,29	68,58	4874	4,043				QUEBRA				
5	B2	68,23	68,51	6266	4,912				151	0,118			
6	B1	68,22	71,72	6995	5,238				QUEBRA				
7	B2	68,04	67,34	6687	5,362				QUEBRA				
8	B1	67,85	68,98	5852	4,607				QUEBRA				
9	B2	67,05	65,31	6089	5,184				QUEBRA				
10	B1	69,42	70,02	6838	5,066				QUEBRA				
11	B2	70,00	69,21	7422	5,472				QUEBRA				
12	B1	65,13	62,75	5721	5,374				145	0,136			
CPV - 0,40													
28 DIAS									91 DIAS				
CP's	Betonada	Média altura	Média largura	Carga (N)	Módulo de ruptura (MPa)	Média MR (MPa)	DP MR (MPa)	CV MR (MPa)	Carga (N)	Módulo de ruptura (MPa)	Média MR (MPa)	DP MR (MPa)	CV MR (MPa)
1	B5	69,65	68,65	5136	3,855	4,06	0,37	9,19	210	0,158	0,17	0,17	100,22
2	B4	67,22	67,90	5366	4,373				QUEBRA				
3	B5	65,77	68,11	5419	4,598				QUEBRA				
4	B4	66,21	63,55	4572	4,103				112	0,101			
5	B5	66,53	68,93	4388	3,596				125	0,102			
6	B4	67,73	66,40	5150	4,226				59	0,048			
7	B5	67,43	67,91	4184	3,387				322	0,261			
8	B4	67,28	68,97	5347	4,282				85	0,068			
9	B5	61,29	69,30	4279	4,110				598	0,574			
10	B4	67,33	65,88	4512	3,777				QUEBRA				
11	B5	68,84	69,90	6017	4,540				99	0,075			
12	B4	69,02	67,25	4946	3,859				131	0,102			
CPV - 0,50													
28 DIAS									91 DIAS				
CP's	Betonada	Média altura	Média largura	Carga (N)	Módulo de ruptura (MPa)	Média MR (MPa)	DP MR (MPa)	CV MR (MPa)	Carga (N)	Módulo de ruptura (MPa)	Média MR (MPa)	DP MR (MPa)	CV MR (MPa)
1	B8	66,00	68,08	4420	3,727	3,76	0,44	11,59	118	0,099	0,19	0,16	85,59
2	B7	66,52	63,00	5018	4,499				QUEBRA				
3	B8	66,83	66,45	4913	4,139				309	0,260			
4	B7	65,40	64,57	4020	3,638				190	0,172			
5	B8	68,05	67,14	5340	4,293				131	0,105			
6	B7	64,92	65,65	3626	3,276				683	0,617			
7	B7	71,34	64,86	5281	4,000				QUEBRA				
8	B7	66,67	67,53	4861	4,049				79	0,066			
9	B8	68,76	68,69	4046	3,115				171	0,132			
10	B7	67,38	66,14	4394	3,658				118	0,098			
11	B8	69,35	70,80	4695	3,447				158	0,116			
12	B7	68,30	65,05	4020	3,312				282	0,232			

ABERTURA DE FISSURAS AOS 28 DIAS - NÃO FISSURADOS								
CPV - 0,30								
28 DIAS				91 DIAS				
CP's	Betonada	Média altura	Média largura	Carga (N)	Módulo de ruptura	Média MR (MPa)	DP MR (MPa)	CV MR (MPa)
1	B2	65,81	64,30	7849	7,046	6,93	0,97	13,95
2	B1	67,90	69,89	9307	7,222			
3	B2	66,83	71,65	6437	5,028			
4	B1	68,87	67,40	9320	7,290			
5	B2	67,36	67,05	9498	7,805			
6	B1	68,10	69,68	9274	7,175			
CPV - 0,40								
28 DIAS				91 DIAS				
CP's	Betonada	Média altura	Média largura	Carga (N)	Módulo de ruptura	Média MR (MPa)	DP MR (MPa)	CV MR (MPa)
1	B5	65,15	68,17	5629	4,863	4,79	0,29	6,06
2	B4	67,41	64,38	5261	4,496			
3	B5	69,57	67,56	5925	4,530			
4	B5	68,65	67,18	5833	4,606			
5	B4	68,02	68,15	6378	5,058			
6	B4	67,93	67,60	6470	5,186			
CPV - 0,50								
28 DIAS				91 DIAS				
CP's	Betonada	Média altura	Média largura	Carga (N)	Módulo de ruptura	Média MR (MPa)	DP MR (MPa)	CV MR (MPa)
1	B7	67,42	65,02	4979	4,212	4,36	0,48	11,06
2	B7	67,30	63,56	5668	4,922			
3	B8	67,02	71,08	4841	3,791			
4	B8	66,80	66,45	5839	4,923			
5	B7	69,71	65,28	5596	4,409			
6	B7	68,31	63,46	4657	3,931			

APÊNDICE D – Planilhas dos resultados recuperação de estanqueidade: velocidade de propagação de onda ultrassônica

Cimento CII-F – Medidas

MEDIDAS PRÉ-FISSURAÇÃO - PRISMAS MENORES					MEDIDAS PÓS-FISSURAÇÃO				
ABERTURA DE FISSURAS AOS 3 DIAS					ABERTURA DE FISSURAS AOS 3 DIAS				
CPIIF - 0,3					CPIIF - 0,3				
CP'S	Lateral			Betonada	CP'S	Lateral			Betonada
	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3			Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	
1	99,91	100,41	101,15	B1	1	100,52	100,93	101,71	B1
2	101,20	101,45	102,17	B2	2	101,98	101,87	102,55	B2
3	99,77	99,86	100,04	B3	3	100,72	100,37	100,76	B3
4	100,14	100,77	101,62	B4	4	QUEBRA			B4
5	99,00	98,77	98,84	B1	5	99,08	98,78	99,33	B1
6	99,80	99,77	100,57	B4	6	100,25	100,38	100,94	B4
7	99,98	99,62	99,93	B3	7	100,05	100,20	100,24	B3
8	101,66	102,08	102,67	B2	8	102,13	102,67	103,32	B2
9	100,02	100,64	101,42	B1	9	100,62	101,12	101,76	B1
CPIIF - 0,4					CPIIF - 0,4				
CP'S	Lateral			Betonada	CP'S	Lateral			Betonada
	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3			Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	
1	102,16	101,59	101,55	B1	1	101,79	101,64	102,03	B1
2	101,38	100,19	99,64	B2	2	101,49	100,31	100,10	B2
3	100,41	101,19	102,31	B2	3	102,01	101,17	100,60	B2
4	100,19	100,01	100,07	B2	4	100,25	100,61	100,10	B2
5	99,92	100,95	101,44	B2	5	101,87	100,66	100,17	B2
6	100,81	100,46	100,61	B1	6	101,14	100,30	100,39	B1
7	101,31	101,01	101,45	B3	7	101,16	101,17	101,84	B3
8	105,51	105,54	104,87	B4	8	105,62	105,89	106,19	B4
9	102,51	102,43	102,85	B2	9	102,71	102,90	103,25	B2
CPIIF - 0,5					CPIIF - 0,5				
CP'S	Lateral			Betonada	CP'S	Lateral			Betonada
	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3			Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	
1	101,21	101,73	103,06	B4	1	102,82	101,63	101,47	B4
2	101,56	102,33	103,95	B4	2	101,50	102,24	103,42	B4
3	103,28	102,14	102,63	B4	3	103,85	102,96	101,57	B4
4	100,70	100,55	100,90	B1	4	101,31	100,82	100,66	B1
5	103,74	102,24	101,55	B3	5	101,38	102,48	103,53	B3
6	103,42	101,99	101,36	B3	6	101,45	102,38	103,56	B3
7	100,46	100,38	100,75	B1	7	100,71	100,78	100,72	B1
8	100,29	100,54	101,35	B2	8	101,44	100,65	100,41	B2
9	100,24	100,52	100,80	B2	9	100,23	100,36	100,91	B2

MEDIDAS PRÉ-FISSURAÇÃO - PRISMAS MENORES					MEDIDAS PÓS-FISSURAÇÃO				
ABERTURA DE FISSURAS AOS 28 DIAS					ABERTURA DE FISSURAS AOS 28 DIAS				
CPIIF - 0,3					CPIIF - 0,3				
CP'S	Lateral			Betanada	CP'S	Lateral			
	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3			Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	
1	100,43	100,41	100,09	B3	1	100,64	100,33	100,77	
2	101,35	100,97	100,95	B4	2	100,99	101,59	102,17	
3	100,26	100,09	100,62	B2	3	100,46	100,21	100,59	
4	98,88	99,08	99,93	B1	4	99,69	99,36	99,24	
5	99,79	99,66	100,05	B3	5	100,37	100,24	100,76	
6	102,11	101,39	101,03	B4	6	101,14	101,75	102,75	
7	102,52	102,12	101,83	B2	7	101,73	102,36	103,28	
8	100,91	100,73	100,67	B1	8	100,83	101,36	101,23	
9	100,27	100,20	102,51	B3	9	QUEBRA			
CPIIF - 0,4					CPIIF - 0,4				
CP'S	Lateral			Betanada	CP'S	Lateral			
	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3			Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	
1	99,71	99,72	99,92	B3	1	99,84	100,09	100,69	
2	100,68	100,37	101,36	B1	2	101,23	100,75	101,30	
3	108,08	107,32	106,96	B4	3	107,39	107,46	107,78	
4	100,35	100,98	101,97	B2	4	102,05	101,13	101,10	
5	100,28	100,16	100,45	B3	5	100,33	99,81	100,21	
6	100,70	100,16	100,02	B1	6	100,89	100,44	101,52	
7	99,75	100,62	101,95	B2	7	102,03	101,20	100,28	
8	104,79	104,22	104,09	B4	8	104,31	104,83	105,24	
9	102,36	102,19	102,18	B3	9	101,86	102,20	102,41	
CPIIF - 0,5					CPIIF - 0,5				
CP'S	Lateral			Betanada	CP'S	Lateral			
	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3			Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	
1	103,23	103,85	104,91	B3	1	104,90	104,11	103,79	
2	100,64	100,08	100,19	B2	2	100,31	100,59	100,87	
3	102,96	102,56	102,59	B3	3	102,82	102,85	103,37	
4	104,20	103,22	103,30	B3	4	104,00	103,45	103,75	
5	100,06	100,00	100,32	B2	5	100,00	99,86	100,23	
6	102,26	101,43	101,10	B1	6	101,99	101,93	101,54	
7	103,46	101,75	101,23	B1	7	102,55	101,97	101,27	
8	101,31	101,12	101,58	B4	8	101,44	101,42	102,48	
9	101,39	101,59	102,36	B4	9	101,68	102,14	102,94	

MEDIDAS LATERAL - PRISMAS MENORES				
ABERTURA DE FISSURAS AOS 3 DIAS				
CPIIF - 0,3				
CP'S	Lateral			Betanada
	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	
1	49,73	49,81	49,51	B1
2	50,28	50,49	50,48	B2
3	50,47	50,15	50,01	B3
4	QUEBRA			B4
5	51,34	51,72	51,42	B1
6	50,95	50,8	50,93	B4
7	51,08	51,43	51,41	B3
8	51,22	51,43	51,84	B2
9	49,87	50,27	50,57	B1
CPIIF - 0,4				
CP'S	Lateral			Betanada
	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	
1	50,24	50,32	50,06	B1
2	50,91	50,78	50	B2
3	49,87	49,72	49,64	B2
4	50,86	50,87	50,56	B2
5	50,55	50,49	50,85	B2
6	50,45	50,53	50,8	B1
7	51,39	51,83	50,83	B3
8	50,11	50,03	49,79	B4
9	51,4	51,88	51,73	B2
CPIIF - 0,5				
CP'S	Lateral			Betanada
	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	
1	51,03	50,9	50,99	B4
2	50,37	50,56	50,44	B4
3	51,1	51,27	51,24	B4
4	51,04	51,22	50,56	B1
5	50,56	51,86	52,22	B3
6	50,91	50,48	50,58	B3
7	50,58	50,02	49,82	B1
8	51,44	51,61	51,89	B2
9	50,79	51,01	51,31	B2

MEDIDAS LATERAL - PRISMAS MENORES				
ABERTURA DE FISSURAS AOS 28 DIAS				
CPIIF - 0,3				
CP'S	Lateral			Betanada
	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	
1	51,31	51,51	51,48	B3
2	50,30	50,22	50,11	B4
3	51,89	51,59	51,28	B2
4	50,07	49,77	49,54	B1
5	51,35	50,59	50,05	B3
6	51,03	51,32	51,50	B4
7	50,25	50,45	50,25	B2
8	50,12	49,75	49,76	B1
9	QUEBRA			B3
CPIIF - 0,4				
CP'S	Lateral			Betanada
	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	
1	49,72	49,99	50,29	B3
2	51,24	51,05	50,83	B1
3	49,88	49,60	49,06	B4
4	49,75	50,00	49,96	B2
5	50,9	50,8	50,54	B3
6	50,65	50,61	50,59	B1
7	49,63	49,74	49,80	B2
8	50,77	50,51	50,06	B4
9	50,09	50,10	49,96	B3
CPIIF - 0,5				
CP'S	Lateral			Betanada
	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	
1	50,27	50,14	50,17	B3
2	50,54	50,65	50,97	B2
3	51,42	51,41	50,86	B3
4	50,67	50,77	50,88	B3
5	50,09	49,84	49,77	B2
6	50,59	50,12	50,17	B1
7	49,59	49,70	49,81	B1
8	50,17	49,97	49,72	B4
9	50,98	50,55	50,09	B4

Cimento CPII-F – Idade de abertura de fissuras aos 3 dias

VELOCIDADE DE PULSO ULTRASSÔNICO - PRISMAS MENORES										
ABERTURA DE FISSURAS AOS 3 DIAS										
CPIIF - 0,3										
Pré-fissuração										
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B1	20,8	20,8	20,8	21,3	21,3	21,3	21,8	21,6	21,6
2	B2	21,1	21,1	21,2	21,2	21,1	21,2	21,3	21,2	21,2
3	B3	21,9	21,7	21,7	20,8	20,8	20,8	21,1	21,1	20,9
4	B4	20,8	21,1	21,1	20,8	21,2	21,2	21,1	21,1	21,1
5	B1	21,4	21,4	21,3	21,5	21,5	21,7	21,3	21,6	21,6
6	B4	20,6	20,6	20,6	21,1	21,1	21,1	20,8	20,8	20,8
7	B3	20,3	20,6	20,6	20,8	20,8	20,8	20,8	20,8	20,8
8	B2	20,8	20,8	21,2	21,1	21,1	21,1	21,5	21,5	21,3
9	B1	21,1	21,1	21,1	21,1	20,8	20,8	21,7	21,6	21,7
Pós-fissuração										
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B1	25,4	25,4	25,8	56,4	55,5	54,4	60,6	60,7	61,4
2	B2	47,1	45,8	45,2	77,2	77,7	78,3	65,1	64,5	65
3	B3	52,2	50,1	49,9	37,3	38,6	38,5	49,4	49,2	49,4
4	B4	59,2	59,1	60,5	49,4	53,7	53,7	100,1	100,7	100,6
5	B1	58,3	58,2	59,1	49,6	50,8	50,9	89,2	90,4	89,8
6	B4	21,2	21,2	21,2	33,4	32,4	35,5	54,8	52,6	53,4
7	B3	47,4	55	51,3	49,4	48	48,6	87,2	86,8	85,7
8	B2	22,4	22,4	22,4	39,5	39,5	39,3	68,4	68,4	68,1
9	B1	25,7	25,9	26,1	39,3	39,3	39,4	40,5	40,9	41,1
14 dias										
Acompanhamento - ciclo 1										
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B1	22,2	22,3	22,3	39,1	38,5	39	51,1	51,1	50,8
2	B2	28,5	28,1	28,1	28,2	28,1	28,7	50,2	50,4	50,3
3	B3	21,5	21,5	21,5	29,2	29,2	29,2	40,7	40,8	40,8
4	B4	DESCARTADA POR QUEBRA								
5	B1	26,2	26,6	26,3	38,8	38,8	38,9	55,6	47,2	47,2
6	B4	26,4	26,1	26	27,3	27,5	27,5	28,1	28	28,1
7	B3	20,6	21	21,2	21,2	21,2	21,5	28,8	29,5	29,3
8	B2	21	21	21,1	38,4	38	38,3	36,8	36,8	28,5
9	B1	20,9	20,9	21,1	38,5	40,3	38,5	36,1	36,1	36,1
28 dias										
Acompanhamento - ciclo 2										
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B1	21,9	21,8	21,7	41,3	41,3	41,3	46,7	46,8	46,5
2	B2	27,8	27,9	27,9	37	37,6	37,5	43,1	43,1	43,3
3	B3	21,9	21,9	21,9	30,7	30,7	30,7	26,8	26,8	26,8
4	B4	DESCARTADA POR QUEBRA								
5	B1	29,2	29,1	29	34,4	34,2	34,3	44,5	44,3	44,3
6	B4	26,3	26,2	26,4	27	26,4	27	27,8	27,6	27,5
7	B3	20,5	20,5	20,2	21,2	21,1	21,1	29,4	29,5	29,5
8	B2	21,3	21,1	21,1	32	32	32	33,9	33,9	33,8
9	B1	22,1	23,3	23,2	38,5	38	38,4	33,5	33,5	33,5

42 dias		Acompanhamento - ciclo 3								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B1	21,2	21,3	21,2	37,2	37,2	37,2	37,4	37,2	44,2
2	B2	27,7	27,5	27,5	35	35	35	44,9	44,9	44,8
3	B3	21	20,9	20,9	30,8	30,8	30,8	27,7	27,6	27,7
4	B4	DESCARTADA POR QUEBRA								
5	B1	21,7	21,5	21,7	33,6	33,8	33,4	40,8	40,8	41,1
6	B4	20,1	20,3	20,3	20,6	20,6	20,6	28,4	28,2	28,2
7	B3	20,2	20,1	20,1	20,7	20,7	20,6	29,7	29,5	29,4
8	B2	21,3	21,2	21,2	27	27	27,1	40,1	40	39,9
9	B1	20,7	20,7	20,7	28,2	28,0	28,0	30,9	30,9	31,0
56 dias		Acompanhamento - ciclo 4								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B1	21,2	21,2	21,2	33,2	33	33,1	33,5	35,6	35,5
2	B2	27	27	27	34,4	34,4	34,5	41,1	41,2	41,1
3	B3	22,8	21,4	21,5	24,9	24,9	24,9	26,1	35,9	35,9
4	B4	DESCARTADA POR QUEBRA								
5	B1	20,9	20,9	20,8	32,4	32,5	32,2	36,7	36,7	36,7
6	B4	17,8	17,9	17,7	18,2	18,3	18,2	25,7	25,4	25,2
7	B3	25,7	25,9	25,8	20,9	20,8	20,7	27,9	27,9	27,9
8	B2	21	20,9	21,2	26,9	26,7	26,6	48,3	48,3	48,1
9	B1	19,5	19,5	19,2	22,2	22,3	22,2	26,1	25,9	25,8
70 dias		Acompanhamento - ciclo 5								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B1	18,8	19,1	19,1	24,6	24,6	24,5	30,9	30,5	30,5
2	B2	19,7	19,7	19,7	28	27,8	27,9	32	32	31,8
3	B3	18,8	18,8	18,7	19,1	19,1	19,2	24,8	25	25
4	B4	DESCARTADA POR QUEBRA								
5	B1	18,4	18,4	18,3	22,2	22,2	22,2	31,3	31,2	31,2
6	B4	17,5	17,8	17,8	18,7	18,7	18,7	19,5	19,3	19,3
7	B3	17,9	17,9	17,9	18,8	18,8	18,8	19,7	19,7	19,7
8	B2	18,9	19	18,8	34,1	34,2	34,3	45,3	44,9	44,9
9	B1	19,3	19,1	19,3	19,2	19,2	19,2	21,1	20,6	20,9
84 dias		Acompanhamento - ciclo 6								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B1	18,8	18,8	18,8	24,4	24,7	24,7	30,9	30,9	30,8
2	B2	19,2	19,2	19,1	27,7	27,8	27,7	33,9	33,9	33,9
3	B3	18,6	18,8	18,8	18,8	18,8	18,9	24,9	25	25
4	B4	DESCARTADA POR QUEBRA								
5	B1	22,8	23,1	23,1	34,5	34,6	34,4	29,6	29,4	29,3
6	B4	20,9	20,8	21,5	19,3	19,3	19,3	22,9	22,8	22,8
7	B3	21,6	21,6	21,7	22,6	22,4	22,5	37,1	37,1	37,1
8	B2	21,6	21,7	21,8	32,8	32,3	32	42,9	42,9	42,9
9	B1	17,1	16,8	16,6	24,6	24,5	24,4	28,3	28,2	28,2

91 dias		Acompanhamento - ciclo 6,5								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B1	16,3	16,4	16,3	22,2	22,2	22,2	28,8	28,6	28,6
2	B2	17	17	17,1	23,6	23,8	23,8	31,1	31,2	31,1
3	B3	21,8	22,5	22,4	20,7	20,7	20,6	32,1	31,8	31,6
4	B4	DESCARTADA POR QUEBRA								
5	B1	21,8	21,9	21,9	21,7	21,8	21,7	28,2	28,1	28,1
6	B4	20,3	20,4	20,4	20,9	20,9	20,9	22,6	22,2	22,2
7	B3	20,8	21	21	21,3	21,2	21,3	28,6	28,6	28,7
8	B2	21,3	21,3	21,3	26,7	26,7	26,6	35,4	35,4	35,4
9	B1	21,3	21,2	21,3	22,4	22,5	22,1	29	29	29
98 dias		Acompanhamento - ciclo 8								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B1	21,2	21,2	21,2	24,5	24,8	26,7	32,8	32,9	32,8
2	B2	21,1	21,1	21,1	24,5	24,5	24,6	32,6	32,5	32,5
3	B3	21	21,2	21,1	25,5	25,5	25,2	30,3	30,2	30,3
4	B4	DESCARTADA POR QUEBRA								
5	B1	27,7	27,7	27,7	35,4	35,5	35,9	37,2	37,2	37,2
6	B4	19,7	19,7	19,7	20,2	20,3	20,4	28	27,8	27,8
7	B3	20,1	20,1	20,1	24,6	24,6	24,5	34,8	34,8	34,8
8	B2	20,6	20,5	20,6	25,1	25,5	25,3	33,8	33,8	33,8
9	B1	20,7	20,6	20,7	29	29,1	29,1	30,5	30,2	30,5
140 dias		Acompanhamento - ciclo 10 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B1	9,9	10	10,4	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4
2	B2	9,9	9,9	9,9	10,1	10	10,1	10	9,9	9,9
3	B3	10	10,4	10	10	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9
4	B4	DESCARTADA POR QUEBRA								
5	B1	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	10	9,9	9,9
6	B4	10,4	10,4	10,4	9,9	10	9,9	10	10	10
7	B3	9,9	9,9	9,9	10	10,1	10	10,4	10,4	10,4
8	B2	10,2	10,3	10,4	10,4	10,2	10,3	10,4	10,4	10,4
9	B1	10	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9
140 dias		Acompanhamento - ciclo 10								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B1	21	21,2	21	27,8	26	25,9	28,1	28,2	28,2
2	B2	21,7	21,8	21,9	25,5	25,4	25,7	32,2	32,2	32,1
3	B3	21,1	21,1	21	21,4	21,3	21,3	28,9	28,7	28,8
4	B4	DESCARTADA POR QUEBRA								
5	B1	21,4	21,4	21,4	26,2	26,8	26,1	35,3	35,3	35,4
6	B4	19,9	19,9	20	20,8	20,9	20,9	22,4	22,8	22,5
7	B3	20	20	20,1	21,5	21,5	21,5	30,5	30,5	30,5
8	B2	21,4	21,5	21,4	26,5	26,4	26	31,5	31,4	31,6
9	B1	21	21	21	26,9	26,9	26,9	28,9	28,9	28,9

154 dias		Acompanhamento - ciclo 11 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B1	9,4	9,34	9,4	9,4	9,4	9,4	9,9	9,9	9,9
2	B2	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,9	9,9	9,9
3	B3	9,4	9,4	9,4	9,5	9,4	9,4	9,5	9,5	9,7
4	B4	DESCARTADA POR QUEBRA								
5	B1	9,5	9,4	9,4	9,9	9,9	9,9	9,4	9,4	9,4
6	B4	9,9	9,9	9,9	9,4	9,4	9,4	9,9	9,4	9,9
7	B3	9,4	9,4	9,4	9,8	9,7	9,4	9,9	9,9	9,9
8	B2	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9
9	B1	10	9,9	9,9	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4
154 dias		Acompanhamento - ciclo 11								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B1	20,8	20,9	20,9	26,2	26,6	26,5	27,2	27,3	27,1
2	B2	21,8	21,8	21,8	24,5	24,8	24,9	36,3	36,5	36,4
3	B3	21,3	21,2	21	20,8	20,8	20,8	27,8	27,9	27,8
4	B4	DESCARTADA POR QUEBRA								
5	B1	21,2	21,1	21	24,3	24,3	24,3	34,9	34,9	34,9
6	B4	19,9	19,9	19,9	20,3	20,3	20,3	21,9	21,8	21,9
7	B3	19,9	20	20	21,2	21	21,1	28,9	29,2	29
8	B2	20,9	20,9	20,9	25,3	25,2	25,2	33	33,6	33,8
9	B1	20,9	21,1	21,1	26,9	26,7	26,8	27,8	28	28
168 dias		Acompanhamento - ciclo 12 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B1	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	10	9,9	9,9
2	B2	10,4	10,4	9,9	10,4	10,4	10,3	10,4	10,4	10,4
3	B3	9,9	10	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9
4	B4	DESCARTADA POR QUEBRA								
5	B1	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	9,9	9,9	10,3
6	B4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,3	10,3	10,4
7	B3	10,8	10,8	10,8	10,8	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9
8	B2	10,3	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
9	B1	10,4	10,4	10,4	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,3
168 dias		Acompanhamento - ciclo 12								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B1	21,8	21,9	21,8	27,6	27,8	27,8	27,9	27,8	27,8
2	B2	22	22	22	29,9	30,9	30,8	31,6	31,6	31,7
3	B3	21	21,2	21,2	21,4	21,4	21,3	25,3	25,3	25,3
4	B4	DESCARTADA POR QUEBRA								
5	B1	21,3	21,3	21,3	21,5	21,4	21,7	27,7	27,8	27,9
6	B4	20,1	20	20,3	20,9	20,9	20,9	21,9	22	21,9
7	B3	20,2	20,1	20,2	21,3	21,3	21,4	29	28,7	29,1
8	B2	21,4	21,3	21,4	25,4	25,7	25,7	35	35,1	34,9
9	B1	21,3	21,4	21,7	25,9	25,8	27,6	26,2	26,6	26,8

VELOCIDADE DE PULSO ULTRASSÔNICO - PRISMAS MENORES										
ABERTURA DE FISSURAS AOS 3 DIAS										
CPIIF - 0,4										
Pré-fissuração										
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B1	22,6	22,6	22,6	21,9	21,7	21,7	21,7	21,7	21,7
2	B2	21,3	21,6	21,6	22,2	22,2	22,2	22,1	22,1	22,1
3	B2	22,1	22,1	22,1	22,2	22,2	22,2	21,7	21,7	21,7
4	B2	20,7	20,7	20,7	21,7	21,7	21,7	22	22	22
5	B2	22,1	22,1	22,1	22,7	22,7	22,7	21,5	21,5	21,5
6	B1	21,2	21,2	21,2	22,2	22,2	22,2	22,5	22,5	22,5
7	B3	22	22	22	22,2	22,2	22,2	23	23	23
8	B4	22,2	22,2	22,2	22,7	22,7	22,7	22,7	22,7	22,7
9	B2	21,4	21,7	21,7	22,9	22,9	22,9	23	23	23
Pós-fissuração										
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B1	25,6	25,7	25,5	23,4	23,3	23,3	22,6	22,6	22,6
2	B2	22,7	22,5	22,5	23,8	23,7	23,6	31,7	31,9	31,8
3	B2	23	22,9	22,9	23,3	23,2	23,3	27,5	27,5	27,5
4	B2	22	22	22	23,7	23,7	23,7	26,2	26,2	26,1
5	B2	22,8	23	23,1	24,3	24,2	24,2	22,1	22,1	22,1
6	B1	22,3	22,3	22,3	23,5	23,5	23,4	27,5	27,2	27,5
7	B3	22,8	23	23	26,2	26,2	26,3	37,2	37,3	36,9
8	B4	24,1	23	24,1	23,3	23,1	22,7	30,9	31	31
9	B2	22,9	22,9	22,9	24,9	25	24,9	27,4	27,5	27,6
14 dias										
Acompanhamento - ciclo 1										
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B1	22,3	22,4	22,1	20,8	20,6	20,8	20,3	20,3	20,3
2	B2	20,2	20,3	20,3	22,1	22,4	22,2	29,6	29,4	29,3
3	B2	21	21	20,8	21,4	21,6	21,7	27,6	27,6	27,7
4	B2	19,7	19,7	19,7	21,1	21,2	21,2	29,4	29,6	29,5
5	B2	28,6	28,5	28,4	21,7	21,7	21,7	20,1	20,2	20,3
6	B1	20,5	20,1	20,2	21,2	21,2	21,2	22	22,1	22,2
7	B3	20,7	20,8	20,8	22,1	22,1	22,1	30,6	30,8	30,8
8	B4	21,5	21,3	21,2	22,9	22,2	22,5	28,5	29	28,5
9	B2	21,1	21,1	21	22,9	22,9	22,6	29,3	29,3	29,6
28 dias										
Acompanhamento - ciclo 2										
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B1	22,2	22,1	22,1	20,8	20,9	20,9	20,4	20,4	20,4
2	B2	20,4	20,4	20,4	22,2	22,2	22,1	29,1	29,3	29
3	B2	20,9	20,9	20,9	21,8	21,8	21,8	22,2	22,2	22,2
4	B2	19,9	19,9	19,9	21,6	21,6	21,8	28,6	28,6	28,5
5	B2	21,3	21,3	21,3	21,3	21,3	21,3	20,4	20,3	20,4
6	B1	20,4	20,3	20,4	21,3	21,3	21,3	22,1	22,1	22
7	B3	20,8	20,8	20,8	21,3	21,7	21,7	30,3	30,2	30,3
8	B4	21,5	21,3	21,4	22,3	22,2	22,3	22,9	22,5	22,7
9	B2	20,9	20,8	20,8	22,5	22,6	22,3	23,5	23,5	23,6

42 dias		Acompanhamento - ciclo 3								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B1	20,2	20,3	20,4	18,4	18,4	18,4	18,2	18	17,9
2	B2	18,3	18,3	18,3	19,9	19,7	19,7	29,9	29,7	30,1
3	B2	18,4	18,4	18,4	19,7	19,7	19,7	20,3	20,4	20,4
4	B2	17,4	17,4	17,4	18,8	18,8	18,8	20,3	26,4	26,4
5	B2	18,8	18,8	18,8	19,3	19,3	19,3	17,8	17,8	17,8
6	B1	17,8	17,8	17,8	18,8	18,4	18,8	26,9	26,7	26,6
7	B3	18,4	18,4	18,6	19,3	19,3	19,3	28,5	28	27,9
8	B4	18,9	18,8	18,9	19,7	19,7	19,8	20,2	20,2	20,2
9	B2	18,5	18,4	18,4	20,6	20,6	20,6	22,1	22,1	22,1
56 dias		Acompanhamento - ciclo 4								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B1	21,8	21,8	21,9	20,9	20,8	20,8	20,4	20,3	20,2
2	B2	20,4	20,4	20,4	21,7	21,7	21,7	26	26,1	25,9
3	B2	20,9	20,9	21	21,7	21,8	21,8	22,1	21,8	21,8
4	B2	19,9	19,8	19,9	21,3	21,3	21,2	22,2	22,2	22,2
5	B2	21	21,2	21,2	21,4	21,4	21,3	19,8	19,9	19,9
6	B1	19,8	19,9	20,1	21,3	21,3	21,2	21,7	21,7	21,8
7	B3	20,4	20,4	20,4	21,3	21,3	21,3	26,9	26,9	26,9
8	B4	20,9	20,9	20,9	21,8	21,8	21,8	22,2	21,8	21,8
9	B2	21,2	21	20,9	23,1	22,8	22,8	23,4	23,7	23,3
70 dias		Acompanhamento - ciclo 5								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B1	22,7	22,7	22,8	21,7	21,3	21,4	20,9	20,8	20,9
2	B2	21,3	21,3	21,2	23	23,1	23,1	39,5	39,4	39,5
3	B2	21,3	21,3	21,3	22,3	22,3	22,2	22,6	22,6	22,7
4	B2	20,8	20,8	20,8	22,3	22,4	22,3	26,4	26,4	26,3
5	B2	22,1	22,1	22,1	22	22,1	21,9	20,8	20,8	20,8
6	B1	20,4	20,4	20,4	21,4	21,4	21,8	22,6	22,6	22,6
7	B3	21,3	21,3	21,3	22,5	22,5	22,4	37	37	39,5
8	B4	21,8	21,7	21,7	22,6	22,7	22,7	23	23,1	23,2
9	B2	21,7	21,6	21,6	23,4	23,3	23,6	33,5	33,6	33,4
84 dias		Acompanhamento - ciclo 6								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B1	22,2	22,1	22,1	20,8	20,8	20,8	20,3	20,3	20,3
2	B2	20,7	20,7	20,7	22,2	22,2	22,2	34,8	34,8	34,6
3	B2	20,7	20,7	20,7	21,8	21,8	21,9	22,2	22,1	22,2
4	B2	19,9	19,8	19,9	21,6	21,7	21,7	25,8	25,8	25,7
5	B2	21,3	21,2	21,2	21,5	21,7	21,7	19,9	20	20
6	B1	19,9	19,9	19,8	20,8	20,9	20,9	21,9	21,8	21,8
7	B3	20,7	20,8	20,8	21,8	21,8	21,8	29,7	29,9	29,8
8	B4	21,2	21,2	21,2	22,2	22,3	22,3	22,2	22,2	22,2
9	B2	20,8	20,8	20,9	22,6	22,5	22,4	27,3	27,4	27,3

91 dias		Acompanhamento - ciclo 6,5 - 91 dias								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B1	22,7	22,8	22,8	21,4	21,3	21,7	20,9	20,9	20,9
2	B2	20,8	20,8	20,9	22,7	22,6	22,6	34,8	34,7	34,7
3	B2	21,3	21,3	21,3	22,2	22,2	22,2	22,9	22,8	22,9
4	B2	20,3	20,3	20,3	21,7	21,8	21,8	20,3	20,3	20,3
5	B2	21,7	21,7	21,7	21,8	21,8	21,8	20,3	20,3	20,3
6	B1	20,3	20,3	20,3	21,8	21,7	21,7	22,6	22,6	22,6
7	B3	21,3	21,3	21,3	22,2	22,2	22,2	27,4	27,4	27,4
8	B4	21,8	21,8	21,8	22,7	22,7	22,7	23,1	23,1	23,1
9	B2	21,7	21,7	21,7	23,6	23,6	23,6	31,1	31,1	31,1
112 dias		Acompanhamento - ciclo 8 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B1	10,5	10,4	10,4	10,9	10,9	10,5	10,9	10,7	10,5
2	B2	10	10	10	10,5	10,4	10,5	10,9	10,9	10,9
3	B2	10,4	10	10	10,4	10,4	10,4	10,9	10,6	10,5
4	B2	10,4	10,4	10,4	10,5	10,5	10,9	10,4	10,4	10,5
5	B2	10,4	10,4	10,5	10,9	10,8	10,8	10,5	10,5	10,5
6	B1	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
7	B3	10,4	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9
8	B4	10	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
9	B2	10,4	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9	10,5	10,5	10,5
112 dias		Acompanhamento - ciclo 8								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B1	22,4	22,5	22,4	21,1	21,2	21,3	20,7	20,7	20,8
2	B2	20,9	20,9	20,9	22	22,1	22,1	26,7	26,7	26,6
3	B2	21,3	21,4	21,2	22	22,3	22,4	22,5	22,4	22,2
4	B2	20,4	20,5	20,4	21,5	21,5	21,6	22,9	22,8	22,8
5	B2	21,5	21,5	21,4	21,7	21,5	21,8	20,4	20,4	20,4
6	B1	20,4	20,4	20,4	21,4	21,4	21,4	22,1	22	22
7	B3	21	21	20,9	21,9	21,8	21,8	27,1	27,1	27
8	B4	21,5	21,4	21,5	22,5	22,9	22,5	23,3	23,2	23,2
9	B2	21,5	21,4	21,5	23,1	23,2	23,3	23,4	23,7	23,5
126 dias		Acompanhamento - ciclo 9 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B1	8,4	8,4	8,4	8,9	8,9	8,9	8,9	8,3	9,4
2	B2	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9
3	B2	8,4	8,4	8,4	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9
4	B2	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9
5	B2	8,4	8,4	8,4	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9
6	B1	8,4	8,4	8,9	8,9	9,4	9,4	8,4	8,3	8,9
7	B3	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9
8	B4	8,4	8,4	8,4	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9
9	B2	8,9	8,9	8,9	8,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4

126 dias		Acompanhamento - ciclo 9								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B1	19,8	19,7	19,8	18,8	18,8	18,4	18,4	18,4	18,4
2	B2	18,4	18,5	18,4	19,9	20,2	19,9	20,8	20,8	21,4
3	B2	18,9	18,8	18,9	19,7	19,8	19,8	19,8	19,8	19,9
4	B2	17,9	17,8	17,8	19	19	19	19,9	19,9	19,8
5	B2	18,8	18,8	18,9	19,4	19,3	19,3	17,9	17,9	17,9
6	B1	17,9	17,8	17,9	18,8	18,9	19	19,9	19,8	19,9
7	B3	18,8	18,8	18,8	19,5	19,5	19,4	20,6	20,5	20,4
8	B4	19,2	19,2	19,3	20,3	20,3	20,3	20	20,4	20,6
9	B2	19,3	19,4	19,4	20,7	20,8	20,8	21,2	21,2	21,3
140 dias		Acompanhamento - ciclo 10 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B1	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
2	B2	10,4	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9	10,4	10,3	10,4
3	B2	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
4	B2	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
5	B2	9,9	9,9	9,9	10,9	10,8	10,9	10,4	10,4	10,4
6	B1	9,9	9,9	9,9	10,9	10,8	10,9	10,4	10,4	10,4
7	B3	10,4	10,4	10,4	10,4	10,5	10,4	10,9	10,9	10,9
8	B4	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	10	10	9,9
9	B2	10	9,9	9,9	10,9	10,8	10,4	10,9	10,9	10,8
140 dias		Acompanhamento - ciclo 10								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B1	22,2	22,2	22,2	21,3	21,1	20,9	20,8	20,8	20,8
2	B2	20,8	20,8	20,8	22,3	22,3	22,4	23	23	22,9
3	B2	21	20,9	20,9	21,9	21,9	22,4	22	22	22,1
4	B2	20,4	20,3	20,4	21,2	21,5	21,7	22,1	22,3	22,4
5	B2	21,4	21,5	21,3	21,4	21,5	21,3	20,4	20,3	20,3
6	B1	20,2	20,3	20,3	21,2	21,2	21,3	21,9	21,8	22
7	B3	21,3	21,2	21,1	21,8	21,8	21,8	26,7	26,7	26,6
8	B4	21,4	21,4	21,6	22,4	22,1	22,4	22,8	22,8	22,9
9	B2	21,4	21,4	21,3	22,9	22,7	22,6	23,4	23,5	23,5
154 dias		Acompanhamento - ciclo 11 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B1	9,4	9,4	9,4	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4
2	B2	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	9,9	9,9	9,9
3	B2	9,8	9,8	9,9	10,3	10,4	10,4	9,9	9,9	9,9
4	B2	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9
5	B2	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	9,9	9,9	9,9
6	B1	9,9	9,9	9,9	10,8	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
7	B3	10,3	10,3	9,9	10,4	10,3	9,9	10,4	10,3	10,4
8	B4	9,4	9,4	9,4	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9
9	B2	9,9	9,9	9,9	10,3	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4

154 dias		Acompanhamento - ciclo 11								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B1	21,9	21,9	21,9	20,8	20,9	20,9	20,4	20,4	20,3
2	B2	20,4	20,3	20,4	22	21,8	22	22,8	22,8	22,6
3	B2	20,7	20,8	20,8	22	21,9	21,8	21,6	21,8	21,8
4	B2	19,9	19,8	19,8	21,1	20,9	21	21,9	21,9	21,9
5	B2	21	21	21,1	21,3	21,3	21,3	19,8	19,8	19,8
6	B1	19,8	19,8	19,8	20,8	20,8	20,8	21,9	21,8	21,8
7	B3	21	20,8	20,8	21,7	21,8	21,9	26,4	26,3	26,4
8	B4	21,3	21,3	21,3	22,1	22	22	21,9	21,9	21,9
9	B2	21,2	20,9	21	22,7	22,8	22,7	23,1	23	22,9

VELOCIDADE DE PULSO ULTRASSÔNICO - PRISMAS MENORES										
ABERTURA DE FISSURAS AOS 3 DIAS										
CPIIF - 0,5										
Pré-fissuração										
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	22,1	22,2	22,3	22,2	22,2	22,2	21,9	22,2	22,0
2	B4	22,6	22,6	22,6	21,7	21,7	21,6	21,7	21,7	21,7
3	B4	21,8	21,8	21,8	21,6	21,7	21,7	22,2	22,2	22,2
4	B1	22,2	22,2	22,2	22,0	21,7	21,7	21,1	21,1	20,9
5	B3	22,2	22,2	22,2	22,2	22,2	22,2	22,2	22,2	22,2
6	B3	21,2	21,2	21,2	21,6	21,7	21,7	22,2	22,2	22,2
7	B1	20,7	20,7	20,7	21,2	21,2	21,2	21,2	21,2	21,2
8	B2	21,6	21,6	21,6	21,7	21,7	21,7	21,7	21,7	21,7
9	B2	21,8	21,7	21,7	21,7	21,7	21,7	22,6	22,2	22,2
Pós-fissuração										
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	23,7	23,6	23,6	23,6	23,5	23,5	23,1	23,1	23,1
2	B4	32,5	32,1	32,0	23,0	22,9	22,8	22,6	22,6	22,7
3	B4	30,0	29,7	29,6	23,3	23,5	23,4	23,1	23,1	23,1
4	B1	23,2	23,1	23,1	22,4	22,5	22,5	22,5	22,6	22,6
5	B3	22,7	22,5	22,5	23,1	23,1	23,5	23,4	23,3	23,5
6	B3	23,4	23,4	23,4	23,3	23,6	23,5	25,1	34,8	25,0
7	B1	21,6	21,6	21,6	23,4	23,4	23,3	23,5	23,6	23,5
8	B2	23,4	23,4	23,2	23,3	23,3	23,3	29,3	29,3	29,3
9	B2	22,6	22,6	22,7	23,7	23,8	23,6	28,6	28,6	28,4
14 dias		Acompanhamento - semana 1								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	22,6	22,5	22,5	21,7	21,6	21,7	21,2	21,2	21,3
2	B4	23,1	22,9	23,0	21,2	21,2	21,2	21,3	21,2	21,3
3	B4	22,3	22,5	22,5	21,2	21,2	21,2	22,1	22,1	22,1
4	B1	21,7	21,2	21,3	20,9	20,8	20,8	20,8	20,8	20,8
5	B3	21,3	21,2	21,2	21,2	21,3	21,2	21,8	21,7	21,7
6	B3	21,2	21,2	21,2	22,1	22,0	22,0	22,8	23,0	23,0
7	B1	20,5	20,2	20,5	21,6	21,6	21,7	22,4	22,6	22,4
8	B2	22,1	22,0	22,2	22,4	22,8	22,3	29,5	29,5	29,5
9	B2	21,7	21,7	21,3	21,7	21,7	21,6	22,9	22,9	23,0

28 dias		Acompanhamento - semana 2								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	19,7	19,6	19,4	18,9	19,3	19,2	18,8	18,8	18,8
2	B4	20,5	20,7	20,5	18,8	18,8	18,8	18,4	18,4	18,4
3	B4	20,8	20,5	20,4	18,9	18,8	18,8	19,3	19,2	18,9
4	B1	19,2	19,3	19,3	18,4	18,4	18,4	18,3	18,3	18,2
5	B3	19,2	19,3	19,1	18,8	18,8	18,8	19,3	19,3	19,3
6	B3	18,8	18,8	18,8	19,3	19,3	19,3	20,5	20,5	20,5
7	B1	18,3	18,3	18,3	19,6	19,3	19,2	19,8	19,8	19,7
8	B2	19,2	19,3	18,9	19,5	19,4	19,3	19,8	19,7	19,7
9	B2	18,7	18,8	18,8	19,3	19,3	19,3	20,7	20,8	20,7
42 dias		Acompanhamento - ciclo 3								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	19,4	19,5	19,4	19,3	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9
2	B4	20,2	19,9	19,9	18,8	18,8	18,8	18,9	18,8	18,9
3	B4	20,2	20,2	20,0	19,3	19,3	19,3	19,4	19,3	19,3
4	B1	18,9	18,9	18,9	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4
5	B3	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9
6	B3	18,9	18,9	18,9	19,3	19,3	19,3	20,3	20,3	20,3
7	B1	18,3	18,3	18,3	19,3	19,7	19,3	19,8	19,8	19,8
8	B2	19,3	19,3	19,3	19,7	19,9	19,8	19,8	19,7	19,8
9	B2	18,9	19,2	18,9	19,4	19,4	19,4	20,4	20,5	20,3
56 dias		Acompanhamento - ciclo 4								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	18,8	18,9	18,9	19,3	19,3	19,3	18,9	18,9	18,9
2	B4	20,4	20,4	20,6	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9
3	B4	19,8	19,8	19,8	18,9	18,9	18,9	19,4	19,4	19,4
4	B1	18,9	18,9	18,9	18,4	18,4	18,4	19,4	19,4	19,4
5	B3	18,8	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9
6	B3	18,8	18,8	18,8	19,3	19,3	19,3	20,3	20,3	20,3
7	B1	17,9	17,9	17,9	18,9	18,9	18,9	19,5	19,6	19,5
8	B2	18,8	18,9	18,8	19,4	19,4	19,6	19,6	19,4	19,5
9	B2	18,9	18,9	18,9	19,3	19,3	19,3	20,3	20,3	20,3
70 dias		Acompanhamento - ciclo 5								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	21,8	21,7	21,7	21,3	21,3	21,3	20,9	20,9	20,9
2	B4	22,3	22,3	22,3	21,6	21,2	21,3	21,2	21,2	21,2
3	B4	21,7	21,7	21,8	21,3	21,2	21,3	21,2	21,3	21,3
4	B1	21,3	21,4	21,3	20,8	20,5	20,4	20,4	20,7	20,5
5	B3	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	21,2	21,0	21,3
6	B3	20,8	20,8	20,8	21,8	21,7	21,8	22,3	22,2	22,2
7	B1	20,3	20,3	20,3	21,3	21,3	21,3	21,8	21,8	21,8
8	B2	21,3	21,3	21,3	21,8	21,8	21,8	21,9	21,9	21,8
9	B2	20,9	20,9	20,9	21,9	21,9	22,0	22,5	22,7	22,6

84 dias		Acompanhamento - ciclo 6								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	21,5	21,2	21,2	20,8	20,8	20,8	20,8	20,8	20,8
2	B4	22,2	21,9	21,9	21,1	21,1	21,2	20,6	20,6	20,6
3	B4	21,7	21,6	21,6	20,7	20,7	20,7	21,2	21,2	21,2
4	B1	21,2	21,2	21,2	20,2	20,3	20,3	20,2	20,2	20,2
5	B3	20,7	20,7	20,7	20,7	20,7	20,7	20,8	20,8	20,8
6	B3	20,7	20,7	20,7	21,6	21,6	21,4	22,2	22,1	22,1
7	B1	20,2	20,2	20,1	21,1	21,1	21,1	21,2	21,3	21,3
8	B2	21,1	21,2	21,1	21,6	21,6	21,6	21,7	21,7	21,8
9	B2	20,7	20,7	20,7	21,7	21,6	21,6	25,7	25,7	25,7
91 dias		Acompanhamento - ciclo 6,5								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	21,9	21,9	21,9	21,4	21,3	21,4	21,4	21,6	21,4
2	B4	22,7	22,8	22,7	21,4	21,4	21,6	21,4	21,4	21,4
3	B4	22,3	22,4	22,4	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8	21,9
4	B1	21,8	21,8	21,8	20,9	21,0	21,0	20,8	20,8	20,8
5	B3	21,5	21,4	21,8	21,4	21,4	21,4	21,8	21,8	21,8
6	B3	21,3	21,7	21,4	22,3	22,3	22,3	22,7	22,8	22,8
7	B1	20,9	20,9	20,9	21,7	21,7	21,8	22,7	22,2	22,2
8	B2	21,8	21,8	21,8	22,6	22,5	22,5	22,7	22,6	22,7
9	B2	21,8	21,8	21,8	22,0	22,3	22,2	23,0	23,1	23,1
112 dias		Acompanhamento - ciclo 8 - integro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	10,4	10,3	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
2	B4	10,4	10,5	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
3	B4	10,9	10,9	10,5	10,4	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9
4	B1	10,4	10,0	9,9	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
5	B3	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
6	B3	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9
7	B1	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
8	B2	10,5	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9	10,4	10,4	10,4
9	B2	10,4	10,4	10,4	10,9	10,8	10,9	10,9	10,9	10,9
112 dias		Acompanhamento - ciclo 8								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	22,0	21,8	21,9	21,4	21,4	21,4	21,3	21,3	21,4
2	B4	22,9	22,9	22,6	21,4	21,7	21,4	21,4	21,5	21,6
3	B4	22,6	21,9	21,9	21,4	21,5	21,5	21,5	21,5	21,6
4	B1	21,7	21,6	21,6	21,0	20,9	21,1	20,8	20,9	20,9
5	B3	21,4	21,3	21,3	21,4	21,4	21,4	21,4	21,4	21,4
6	B3	21,2	21,2	21,2	21,6	21,7	21,6	22,3	22,2	22,3
7	B1	20,7	20,6	20,5	21,5	21,5	21,5	21,9	21,9	21,9
8	B2	21,5	21,7	21,7	22,1	22,1	22,2	22,0	22,0	22,0
9	B2	21,5	21,6	21,6	22,0	21,9	21,9	22,8	22,7	22,8

126 dias		Acompanhamento - ciclo 9 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9
2	B4	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	10,1	10,0	9,9	10,0
3	B4	10,4	10,4	10,4	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4
4	B1	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	10,0
5	B3	10,0	9,9	10,0	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4
6	B3	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4
7	B1	10,0	10,0	9,9	9,9	9,9	9,9	10,0	9,9	9,9
8	B2	10,4	10,4	10,3	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
9	B2	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	10,9	10,4	10,4
126 dias		Acompanhamento - ciclo 9								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	21,4	21,4	21,4	21,4	21,3	21,2	21,0	21,1	21,0
2	B4	21,8	21,8	21,9	21,0	21,0	21,0	20,9	21,0	20,9
3	B4	22,0	21,9	21,9	21,1	21,1	21,2	21,1	21,0	21,1
4	B1	21,1	21,3	21,4	20,5	20,4	20,4	20,4	20,4	20,5
5	B3	20,9	20,9	20,9	21,9	20,8	20,9	21,0	21,0	21,0
6	B3	20,8	20,9	20,9	21,9	21,9	21,9	22,0	22,0	21,9
7	B1	20,4	20,2	20,4	21,4	21,0	21,0	21,6	21,5	21,5
8	B2	21,1	21,1	21,2	21,6	21,4	21,5	21,5	21,5	21,8
9	B2	21,1	21,0	20,9	22,2	21,5	21,4	22,4	22,4	22,4
140 dias		Acompanhamento - ciclo 10 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	10,8	10,8	10,8	10,4	10,4	10,4	10,8	10,8	10,8
2	B4	10,4	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9	10,9	10,8	10,8
3	B4	10,8	10,4	10,4	10,9	10,8	10,8	10,9	10,9	10,9
4	B1	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,3	10,3	10,3
5	B3	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
6	B3	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,8	10,8	10,8
7	B1	10,4	10,4	10,9	10,4	10,9	10,9	10,4	10,4	10,4
8	B2	10,8	10,8	10,8	10,9	11,3	10,9	10,8	10,8	10,9
9	B2	10,8	10,8	10,8	11,3	10,9	10,9	10,9	11,5	11,3
140 dias		Acompanhamento - ciclo 10								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	21,6	21,8	21,8	21,4	21,4	21,4	21,3	21,3	21,3
2	B4	22,1	22,0	22,1	21,3	21,3	21,3	21,3	21,3	21,3
3	B4	21,9	21,9	21,9	21,3	21,3	21,3	21,4	21,4	21,3
4	B1	21,4	21,4	21,4	20,8	20,8	20,8	20,5	20,4	20,4
5	B3	21,3	21,3	21,3	21,3	21,3	21,3	21,3	21,3	21,3
6	B3	21,3	21,3	21,2	21,5	21,5	21,5	22,0	22,0	22,0
7	B1	20,3	20,2	20,3	21,3	21,4	21,3	21,8	21,8	21,8
8	B2	21,4	21,4	21,4	21,7	21,7	21,8	21,8	21,9	21,9
9	B2	21,3	21,3	21,3	21,9	21,9	21,9	22,6	22,7	22,8

Cimento CPII-F – Idade de abertura de fissuras aos 28 dias

VELOCIDADE DE PULSO ULTRASSÔNICO - PRISMAS MENORES										
ABERTURA DE FISSURAS AOS 28 DIAS										
CPIIF - 0,3										
Pré-fissuração										
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B3	19,8	19,8	19,8	19,8	19,7	19,8	19,9	19,8	19,8
2	B4	19,7	19,8	19,8	19,8	19,8	19,8	20,3	20,3	20,3
3	B2	20,2	20,3	20,3	19,8	19,8	19,8	20,3	20,3	20,3
4	B1	19,7	19,7	19,7	19,7	19,8	19,8	20,1	20,2	20,2
5	B3	19,7	19,7	19,7	19,8	19,8	19,8	20,2	20,3	20,2
6	B4	20,2	20,3	20,3	19,8	19,7	19,8	20,2	20,3	20,3
7	B2	21,1	21,2	21,2	20,8	20,7	20,8	20,7	20,8	20,8
8	B1	20,2	20,3	20,2	20,1	20,2	20,2	20,7	20,7	20,7
9	B3	20,3	20,3	20,3	19,9	19,7	19,7	19,9	19,8	19,7
Pós-fissuração										
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B3	21,9	21,9	21,8	21,1	21,1	21,1	28,5	28,5	28,5
2	B4	21,6	22	22	27	27,1	26,9	38,5	35,4	35,4
3	B2	22,1	22,2	21,5	32,3	32,7	32,9	37,4	37,6	37,5
4	B1	30,8	21,3	21,8	26,9	26,9	27	45,1	51,7	44,8
5	B3	23,4	22	22,1	25,5	25,5	25,6	33,8	33,7	33,7
6	B4	27,4	27,7	27,8	35	35	39	49,4	52,6	50
7	B2	25,3	26,2	25,8	32,8	32,8	32,8	41,2	50,3	40,8
8	B1	28,2	28,3	28,3	21,9	21,9	21,9	37,7	37,7	37,7
9	B3	22,2	23,1	22,4	33,1	32,9	33	40,4	40,4	40,4
14 dias										
Acompanhamento - ciclo 1										
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B3	20,3	20,3	20,3	21	21	21	29,4	29,6	29,5
2	B4	20,9	20,9	20,9	26	26	26,1	30,4	30,4	30,4
3	B2	20,7	20,8	20,8	21,4	21,4	21,4	30,5	30,5	30,5
4	B1	20,7	20,7	20,7	21,7	21,8	21,7	28,9	28	27,9
5	B3	20,8	21	21,2	20,9	20,8	21,1	24,1	24,1	24,1
6	B4	22,1	21,9	21,7	24,4	24,7	24,7	29	29	28,9
7	B2	22,8	22,9	22,8	28,5	28,5	28,6	29,6	29,6	29,6
8	B1	20,8	20,8	20,8	21,7	21,7	21,6	23,6	23,5	23,4
9	B3	DESCARTADA POR QUEBRA								
28 dias										
Acompanhamento - ciclo 2										
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B3	20,3	20,3	20,3	21,0	21,0	21	29,4	29,6	29,5
2	B4	20,9	20,9	20,9	26,0	26,0	26,1	30,4	30,4	30,4
3	B2	20,7	20,8	20,8	21,4	21,4	21,4	30,5	30,5	30,5
4	B1	20,7	20,7	20,7	21,7	21,8	21,7	28,9	28,0	27,9
5	B3	20,8	21,0	21,2	20,9	20,8	21,1	24,1	24,1	24,1
6	B4	22,1	21,9	21,7	24,4	24,7	24,7	29	29	28,9
7	B2	22,8	22,9	22,8	28,5	28,5	28,6	29,6	29,6	29,6
8	B1	20,8	20,8	20,8	21,7	21,7	21,6	23,6	23,5	23,4
9	B3	DESCARTADA POR QUEBRA								

42 dias		Acompanhamento - ciclo 3								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B3	18,3	18,3	18,3	19	19	18,9	28,1	28,2	28,2
2	B4	18,3	18,3	18,3	23,7	23,6	23,7	30,6	30,6	30,6
3	B2	18,3	18,3	18,3	26,1	26	26	28,6	28,6	28,6
4	B1	18,6	18,7	18,6	23,2	23	22,9	32,2	32,2	32,2
5	B3	18,6	18,6	18,6	21,2	21,2	21,2	22,2	22,1	22
6	B4	19,5	19,5	19,5	31,6	31,2	31,5	36,2	36,2	36,3
7	B2	19,8	19,9	19,7	37,7	37,8	37,7	42	42	42
8	B1	19,2	18,8	18,8	31,8	31,5	31,7	34,1	33,8	33,8
9	B3	DESCARTADA POR QUEBRA								
56 dias		Acompanhamento - ciclo 4								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B3	21,1	21,1	21,1	21,3	21,2	21,2	34,5	34,5	34,6
2	B4	21,2	21,2	21,2	26,5	26,5	26,5	35,8	35,7	35,8
3	B2	20,8	20,8	20,8	21,4	21,3	21,4	32,5	32,5	32,5
4	B1	21,2	21,2	21,2	25,7	25,7	25,7	28,5	28,7	28,7
5	B3	21,4	21,2	21,2	21,3	21,3	21,3	31,4	31,5	31,6
6	B4	22,4	22,4	22,3	33,4	33,6	33,6	47,5	47,5	47,5
7	B2	23,2	23,5	23,5	37,9	37,7	37,4	29,9	29,9	29,9
8	B1	21,3	21,3	21,3	25,5	25,4	25,6	34,2	34,3	34,4
9	B3	DESCARTADA POR QUEBRA								
70 dias		Acompanhamento - ciclo 5								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B3	21,2	21	20,9	21,6	21,6	21,6	31	31	31
2	B4	21,5	21,6	21,6	26,5	26,5	26,5	36	35,9	35,9
3	B2	21,5	21,5	21,5	30,1	30,1	30	31,1	31,1	31,1
4	B1	21,2	21,2	21,2	26,1	26,1	26,1	32,7	32,5	32,5
5	B3	21,9	21,8	21,8	25,1	25,1	25	24,4	24,3	24,4
6	B4	22,4	22,4	22,5	32,8	32,8	32,7	43,5	43,5	43,6
7	B2	23,6	23,5	23,7	28,7	28,9	28,8	30,1	30,1	30,2
8	B1	21,3	21,3	21,3	25,2	25,1	25,1	34,5	34,6	34,6
9	B3	DESCARTADA POR QUEBRA								
84 dias		Acompanhamento - ciclo 6								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B3	20,4	20,4	20,4	21,2	21,3	21,2	29	29	29
2	B4	20,8	20,7	20,7	26,1	26	26	33,1	33	33
3	B2	21,2	21,2	21,2	25,2	25,3	25,2	30,3	30,4	30,3
4	B1	20,7	20,7	20,7	25,6	25,6	25,6	32	32	32
5	B3	21	20,7	20,9	21,3	21,1	21,1	30,7	30,7	30,9
6	B4	22	21,9	22	32,1	32,2	32,2	43,7	43,7	43,6
7	B2	22,4	22,5	22,4	28,5	28,5	28,3	29,1	29,2	29,2
8	B1	20,8	20,7	20,8	25	24,9	24,8	34,1	34,1	34,1
9	B3	DESCARTADA POR QUEBRA								

91 dias		Acompanhamento - ciclo 6,5								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B3	20,8	20,7	20,8	21,7	21,8	21,7	32,5	32,4	32,4
2	B4	21,3	21,2	21,2	27,0	27,0	27,1	33,5	33,5	33,5
3	B2	21,2	21,3	21,2	22,1	22,1	22,1	34,6	34,6	34,6
4	B1	21,2	21,2	21,2	26,6	26,5	26,4	35,6	35,6	35,6
5	B3	21,6	21,3	21,3	21,6	21,5	21,5	34,9	34,8	34,8
6	B4	22	22	22,1	33,6	33,6	33,3	47	46,4	46,9
7	B2	23,4	23,3	23,2	29,7	29,6	29,6	33,9	33,9	33,8
8	B1	21,3	21,3	21,3	25,2	25	25,2	32,1	32	34,7
9	B3	DESCARTADA POR QUEBRA								
98 dias		Acompanhamento - ciclo 8 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B3	10	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	10,5	10,5	10,5
2	B4	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	10,1	10,1	10,1
3	B2	10,4	10,4	10,4	10	10,1	10,2	10,4	10,4	10,4
4	B1	9,9	9,9	9,9	10	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9
5	B3	10,3	10,4	10,4	10,4	10,4	10,3	10	9,9	9,9
6	B4	10,3	10,3	10,2	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
7	B2	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4
8	B1	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9
9	B3	DESCARTADA POR QUEBRA								
98 dias		Acompanhamento - ciclo 8								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B3	20,9	27,3	27,2	21,4	21,5	21,4	29,7	29,7	27,5
2	B4	21,3	21,3	21,3	23,9	23,9	26,5	30	30,7	30,4
3	B2	20,9	20,9	20,9	21,4	21,3	21,6	29,4	29,4	29,5
4	B1	21,8	21,5	21,6	22,6	22,6	22,6	28,5	28,6	28,6
5	B3	20,8	20,8	20,8	21,2	21,1	21,2	31,6	31,5	31,6
6	B4	22,2	22	21,9	29,1	29	29	39,6	39,7	39,7
7	B2	22,3	22,2	22,1	29,8	27	26,9	31,3	31,3	31,1
8	B1	21	21	21	24,8	24,9	24,8	32	32	32
9	B3	DESCARTADA POR QUEBRA								
126 dias		Acompanhamento - ciclo 9 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B3	10	10,1	10,3	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
2	B4	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	9,9	10,4	10
3	B2	10,4	10,4	10,4	10,4	10	10	10,4	10,5	10,5
4	B1	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9
5	B3	10	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	10	10	10
6	B4	10	10,2	10	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,2
7	B2	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9
8	B1	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9
9	B3	DESCARTADA POR QUEBRA								

126 dias		Acompanhamento - ciclo 9								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B3	20,7	20,5	20,5	21,4	21,4	21,4	27,9	27,9	28
2	B4	21	21,1	21,2	23,2	23,3	23,3	30,5	30,8	31
3	B2	20,9	20,9	20,9	21,1	21	21,1	29,1	29	29
4	B1	20,9	21	21	22,9	22,3	22,3	27,9	27,8	27,9
5	B3	20,9	20,9	20,9	21,3	21,3	21,4	29,8	31	29,9
6	B4	22	22	22	25,4	25,3	25,5	39,7	39,8	39,8
7	B2	22,6	22,4	22,4	26,7	26,8	26,7	30,9	30,6	30,6
8	B1	20,9	20,9	20,9	25,5	25,6	25,2	26,5	26,6	26,6
9	B3	DESCARTADA POR QUEBRA								
140 dias		Acompanhamento - ciclo 10 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B3	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
2	B4	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
3	B2	10,4	10,4	10,4	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4
4	B1	10	10	10	10,1	10,2	9,9	9,9	9,9	9,9
5	B3	10,4	10,4	10,3	10,4	10,4	10,4	10	10,1	10,2
6	B4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,3	10,3	10,4	10,4	10,4
7	B2	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4
8	B1	10	10	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9
9	B3	DESCARTADA POR QUEBRA								
140 dias		Acompanhamento - ciclo 10								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B3	20,4	20,4	20,5	21,6	21,6	21,6	27,9	27,7	28
2	B4	20,9	20,9	20,9	22,2	22,5	22,6	30,8	30,9	30,9
3	B2	20,9	20,9	21	21,2	21,3	21,2	29,6	29,6	29,7
4	B1	21	20,9	20,9	22,3	22,3	22,1	28,4	28,6	28,6
5	B3	20,9	20,9	21	21,5	21,4	21,5	27,3	27,2	27,2
6	B4	22,2	22,2	22,1	24,9	24,9	24,9	39,5	39,9	39,7
7	B2	22,3	22,3	22,4	26,4	26,4	26,3	30,6	30,6	30,5
8	B1	21,1	21	21,2	24,5	24,5	24,7	26,9	26,9	26,8
9	B3	DESCARTADA POR QUEBRA								

VELOCIDADE DE PULSO ULTRASSÔNICO - PRISMAS MENORES										
ABERTURA DE FISSURAS AOS 28 DIAS										
CPIIF - 0,4										
Pré-fissuração										
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B3	21,3	21,3	21,3	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4
2	B1	21,1	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	21,5	21,5	21,5
3	B4	22,3	22,3	22,3	21,7	21,7	21,7	21,8	21,8	21,8
4	B2	20,9	20,9	20,9	20,5	20,4	20,6	20,4	20,4	20,3
5	B3	20,9	20,9	20,8	21,4	21,3	21,3	20,3	20,3	20,3
6	B1	20,8	20,8	20,9	20,4	20,4	20,4	21,6	21,5	21,5
7	B2	20,4	20,8	20,8	21,4	21,4	21,3	20,4	20,4	20,3
8	B4	21,9	21,8	21,8	21,3	21,3	21,3	20,8	20,8	20,9
9	B3	21,8	21,8	21,8	21,3	21,3	21,3	20,4	20,4	20,4

Pós-fissuração										
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B3	28,4	28,4	28,5	21,7	21,7	21,7	21,3	21,3	21,3
2	B1	21,1	22,3	22,1	23,8	23,7	23,7	22,5	22,5	22,5
3	B4	30,8	30,5	30,6	27,3	27,2	27,1	22,7	22,7	22,4
4	B2	34,8	34,8	34,8	33,3	33	33,3	22,2	22,3	22,2
5	B3	25,7	25,7	25,7	23,5	23,6	23,6	21,3	21,3	21,3
6	B1	28,5	28,5	28,5	23	23	22,7	21,6	21,6	21,6
7	B2	28,8	28,7	28,7	26,1	26	25,9	21,3	21,4	21,4
8	B4	24,1	24,3	24,2	22,7	23	22,9	21,7	21,7	21,8
9	B3	23,2	23,2	23,2	22,6	22,7	22,7	21,8	21,8	21,8
14 dias		Acompanhamento - ciclo 1								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B3	20,9	20,7	20,5	19,7	19,7	19,7	18,7	18,7	18,7
2	B1	22,9	22,9	22,9	20	20	20	19,2	19,3	19,4
3	B4	26,7	29,2	26,5	21,6	21,6	21,6	19,8	19,8	19,8
4	B2	33,9	33,2	33,1	24,5	24,3	24,1	18,9	18,9	18,9
5	B3	20,8	20,6	20,6	19,7	19,7	19,7	18,3	18,3	18,3
6	B1	24,1	23,9	23,9	20,2	20,1	20,1	18,7	18,7	18,7
7	B2	25,7	25,8	25,8	20,7	20,2	23,5	18,8	18,9	18,9
8	B4	21,9	21,8	21,9	20,2	20,2	23,2	19,4	19,3	18,8
9	B3	21	20,8	20,8	20,3	20,2	19,8	18,9	18,8	18,8
28 dias		Acompanhamento - ciclo 2								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B3	24	24	23,9	18,9	18,9	18,9	18,3	18,3	18,2
2	B1	19,8	19,7	19,7	19,4	19,3	19,4	18,8	18,8	18,8
3	B4	24,8	24,9	24,8	21,1	21,2	21,3	19,4	19,4	19,3
4	B2	24	23,9	23,9	20,6	20,3	20,4	18,9	18,8	18,9
5	B3	20,2	20,2	20,2	19,3	19,3	19,3	17,9	17,9	17,9
6	B1	24	24	24	19,3	19,3	19,3	17,9	17,9	17,9
7	B2	24,2	24	24	20,2	20,3	20,2	18,5	18,5	18,4
8	B4	22,1	22,1	22,2	19,8	19,8	19,8	18,4	18,4	18,4
9	B3	21,1	21,1	20,9	19,4	19,4	19,4	18,4	18,4	18,4
42 dias		Acompanhamento - ciclo 3								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B3	32,3	32,3	32,4	16,6	16,6	16,5	16	15,7	15,8
2	B1	32,2	32,3	32,1	17,4	17,5	17,5	16,6	16,8	16,5
3	B4	28,6	28,7	28,7	22,5	27,3	27,1	17,1	17,1	17,1
4	B2	31,2	30	31	22,2	22,4	22,4	16,3	16,3	16,2
5	B3	17,8	17,8	17,8	16,6	16,7	16,6	15,7	15,7	15,7
6	B1	21	21,2	20,9	16,8	17	17	15,6	15,6	15,6
7	B2	27,6	27,2	27,6	18	18,2	17,9	16,6	16,5	16,6
8	B4	23,2	23,2	23,4	17,5	17,5	17,5	16,5	16,1	16,2
9	B3	21,8	21,8	21,8	17,3	17,3	17,5	16,1	16,1	16,1

56 dias		Acompanhamento - ciclo 4								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B3	22,8	22,8	22,8	21,3	21,3	21,3	20,8	20,9	20,9
2	B1	22,2	22,2	22,2	22,3	22,3	22,3	21,6	21,5	21,4
3	B4	27,4	27,4	27,4	24	24,2	24,2	22	21,9	21,9
4	B2	26,4	26,4	26,4	23,1	23,1	23	21,4	21,3	21,4
5	B3	22,3	22,5	22,3	21,8	21,9	21,8	20,4	20,4	20,6
6	B1	22,3	22,3	22,7	21,8	21,8	21,8	20,8	20,9	20,8
7	B2	23,3	23,2	23,3	22,3	22,6	22,7	21,4	21,4	21,4
8	B4	24,7	24,7	24,7	22,4	22,5	22,4	21	21	21,3
9	B3	23,3	23,3	23,3	22,4	22,3	22,3	20,9	20,9	20,9
70 dias		Acompanhamento - ciclo 5								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B3	26,4	26,3	26,4	21,9	21,9	21,8	21	21,1	21,3
2	B1	22,4	22,5	22,4	22,4	22,6	22,6	22,1	22	21,9
3	B4	27,1	26,9	27	23,8	23,8	23,9	21,9	21,9	21,9
4	B2	29	29	29	26,9	27,1	26,9	22	21,8	21,9
5	B3	22,7	22,8	22,7	22,4	22,6	22,6	20,9	21,2	21
6	B1	31,6	31,7	31,5	22,4	22,7	22,5	20,9	20,9	20,9
7	B2	31,9	31,8	31,9	26,9	26,8	26,9	21,5	21,5	21,4
8	B4	24,1	23,8	23,8	22,1	22	22,1	21	20,9	21
9	B3	26,9	26,9	26,8	22,3	22,6	22,4	21,9	21,9	21,5
84 dias		Acompanhamento - ciclo 6								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B3	22,6	22,5	22,7	21,3	21,3	21,2	20,6	20,5	20,5
2	B1	21,4	21,4	21,4	21,5	21,5	21,5	20,9	21	21
3	B4	23,8	23,8	23,9	23	22,9	23	21,8	21,8	21,7
4	B2	26,5	26,4	26,4	22,7	22,8	22,8	21,3	21,4	21,4
5	B3	22	22	22	21,4	21,4	21,4	20,8	20,7	20,4
6	B1	22	22	21,9	21	21	21	20,3	20,4	20,3
7	B2	27,8	27,6	27,5	22,5	22,5	22,5	21,3	21,3	21,3
8	B4	23,5	23,7	23,6	22	21,8	21,8	20,9	20,9	20,9
9	B3	22,9	22,8	22,9	21,9	22,1	21,9	20,8	20,9	20,9
91 dias		Acompanhamento - ciclo 6,5 - 91 dias								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B3	22,4	22,4	22,4	21,4	21,5	21,3	20,6	20,7	20,7
2	B1	21,8	21,7	21,9	21,9	21,8	21,7	21	21	21,1
3	B4	26,9	27,2	26,9	23	23	22,8	21,5	21,6	21,5
4	B2	26,9	26,9	26,9	24,7	24,6	24,7	21,3	21,3	21,3
5	B3	22,4	22,3	22,3	21,5	21,5	21,5	20,4	20,5	20,6
6	B1	22,3	22,3	22,3	21,4	21,4	21,4	20,3	20,3	20,3
7	B2	27,3	27,2	27,2	22,6	22,6	22,6	21,3	21,3	21,2
8	B4	23,9	23,9	23,9	21,8	21,7	21,6	20,8	20,9	20,9
9	B3	22,9	22,8	22,8	21,9	21,8	21,9	20,9	20,9	20,9

98 dias		Acompanhamento - ciclo 7 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B3	9,4	9,4	9,4	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9
2	B1	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	9,9	9,9	9,9
3	B4	9,9	9,9	9,8	9,9	9,9	9,9	9,8	9,9	9,9
4	B2	10,4	10,4	10,4	9,9	9,9	9,9	9,5	9,4	9,4
5	B3	9,4	9,4	9,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
6	B1	9,9	9,9	9,9	10,4	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9
7	B2	9,8	9,9	9,9	10,3	10	9,9	9,9	9,9	9,9
8	B4	9,4	9,4	9,4	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9
9	B3	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	10,3	9,9
98 dias		Acompanhamento - ciclo 7								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B3	22,1	22	22	20,9	20,9	20,8	20,3	20,3	20,4
2	B1	21,5	21,5	21,4	21,7	21,7	21,7	21,3	21,1	21,1
3	B4	26,6	26,7	26,6	23	23	22,9	21,4	21,4	21,4
4	B2	26,3	26,3	26,3	22,5	22,2	22,2	20,9	20,9	20,9
5	B3	21,9	21,8	21,8	21,3	21	21,2	19,9	19,9	19,9
6	B1	21,7	21,6	21,7	21,1	20,9	21	19,9	19,9	19,9
7	B2	26,6	26,7	26,8	22,2	22	22,1	20,9	20,9	20,9
8	B4	23,5	23,5	23,6	21,5	21,5	21,5	20,5	20,5	20,8
9	B3	22,4	22,4	22,3	21,4	21,4	21,3	20,5	20,4	20,4
112 dias		Acompanhamento - ciclo 8 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B3	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
2	B1	9,9	9,9	9,9	10,9	10,9	10,9	10,4	10,4	10,4
3	B4	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	9,9	9,9	9,9
4	B2	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
5	B3	9,9	9,9	9,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9
6	B1	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
7	B2	10,4	10,4	10,4	10,9	10,4	10,9	10,4	10,4	10,4
8	B4	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
9	B3	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
112 dias		Acompanhamento - ciclo 8								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B3	22,1	22,1	22,2	21,1	21	21	20,4	20,4	20,4
2	B1	21,5	21,5	21,5	21,7	21,6	21,7	21,1	21	20,9
3	B4	23,8	23,8	23,8	22,8	22,9	22,9	21,6	21,7	21,6
4	B2	26,4	26,3	26,3	22,5	22,4	22,4	21,2	21,2	21,2
5	B3	22,1	22	21,9	21,4	21,4	21,3	20,4	20,4	20,4
6	B1	21,7	21,8	21,7	21,3	21,1	21,1	20,4	20,3	20,3
7	B2	23	23	23,1	22,2	22,2	22,1	21,3	21,1	21
8	B4	24,9	24,9	24,9	21,8	21,9	21,9	21	20,9	20,9
9	B3	22,7	22,6	22,6	21,5	21,5	21,5	20,9	20,9	21

126 dias		Acompanhamento - ciclo 9 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B3	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
2	B1	9,9	9,9	9,9	10,9	10,9	10,9	10,4	10,4	10,4
3	B4	10,3	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
4	B2	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9
5	B3	9,8	9,9	9,9	10,9	10,9	10,9	10,8	10,8	10,9
6	B1	10,4	10,4	10,4	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8
7	B2	10,7	10,7	10,7	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8
8	B4	10,4	10,3	10,3	10,6	10,6	10,7	10,8	10,8	10,8
9	B3	10,3	10,3	10,3	10,7	10,7	10,7	10,8	10,8	10,8
126 dias		Acompanhamento - ciclo 9								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B3	22,1	22,2	22,3	21,6	21,4	21,4	20,4	20,6	20,5
2	B1	21,7	21,7	21,6	21,9	21,9	21,9	21,2	21,3	21,1
3	B4	23,8	23,9	23,8	22,8	22,6	22,9	21,5	21,5	21,6
4	B2	26,6	26,5	26,4	22,8	22,9	22,9	21,4	21,4	21,4
5	B3	22	21,9	21,9	21,4	21,4	21,4	20,4	20,4	20,4
6	B1	21,8	21,8	21,9	21,4	21,4	21,4	20,4	20,4	20,4
7	B2	22,8	22,8	22,9	22,4	22,4	22,5	21,3	21,3	21,4
8	B4	24,3	24,4	24,7	21,5	21,4	21,7	20,9	20,9	20,9
9	B3	22,8	22,7	22,9	21,7	21,8	21,8	20,9	21	20,9

VELOCIDADE DE PULSO ULTRASSÔNICO - PRISMAS MENORES										
ABERTURA DE FISSURAS AOS 28 DIAS										
CPIIF - 0,5										
Pré-fissuração										
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B3	21,8	21,4	21,5	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8
2	B2	20,4	20,4	20,3	21,3	21,3	21,3	21,7	21,7	21,7
3	B3	21,4	21,4	21,4	21,4	21,4	21,3	21,9	22,2	22,1
4	B3	20,9	20,9	20,8	21,8	21,8	21,8	22,3	22,3	22,3
5	B2	21,3	21,3	21,2	21,3	21,1	20,9	21,3	21,3	21,1
6	B1	20,9	20,8	20,8	21,3	21,3	21,3	21,3	21,0	21,3
7	B1	21,3	21,3	21,3	22,3	22,3	22,3	21,3	21,3	21,3
8	B4	21,3	21,3	21,3	21,2	21,3	21,3	21,3	21,3	21,3
9	B4	20,9	20,9	20,8	21,3	21,3	21,2	21,7	21,8	21,7
Pós-fissuração										
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B3	23,2	23,3	23,4	25,3	25,0	25,0	30,1	30,1	30,0
2	B2	22,1	21,7	21,7	26,8	26,7	26,8	32,6	32,5	32,7
3	B3	22,8	22,8	23,0	22,9	22,8	24,0	23,6	23,7	23,6
4	B3	23,8	23,1	23,6	28,1	28,0	28,1	34,6	34,5	34,5
5	B2	22,3	22,3	22,3	23,0	23,1	23,0	31,2	32,2	31,2
6	B1	22,6	22,6	22,6	27,3	27,5	27,4	34,1	34,1	34,0
7	B1	23,1	22,9	22,9	41,0	39,5	40,3	23,8	24,1	24,0
8	B4	22,7	22,7	22,7	22,6	23,6	23,4	22,7	22,2	28,2
9	B4	22,7	22,6	22,6	22,6	22,7	22,6	34,9	34,4	34,4

14 dias		Acompanhamento - ciclo 1								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B3	19,8	19,8	19,8	21,2	21,2	21,2	23,9	23,9	23,9
2	B2	18,8	18,8	18,8	20,4	20,4	20,3	25,6	25,5	25,5
3	B3	19,4	19,4	19,4	19,3	19,3	19,3	20,3	20,3	20,3
4	B3	20,2	20,2	20,2	21,5	21,5	21,6	22,5	22,4	22,4
5	B2	19,3	19,3	19,3	20,4	20,4	20,5	23,7	23,6	23,6
6	B1	19,8	19,8	19,8	20,6	20,4	20,6	26,5	26,9	26,7
7	B1	19,9	19,4	19,5	21,3	21,2	21,2	21,6	21,5	21,6
8	B4	19,3	19,3	19,3	20,2	20,2	20,2	20,5	20,5	20,5
9	B4	18,9	18,9	18,9	19,7	19,7	19,7	20,9	20,9	21,0
28 dias		Acompanhamento - ciclo 2								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B3	22,3	22,3	22,3	23,6	23,6	23,6	26,8	27,1	27,0
2	B2	20,8	20,9	20,9	22,3	22,2	22,2	35,6	35,7	35,7
3	B3	21,9	21,8	22,0	21,8	21,8	21,8	22,7	22,8	22,8
4	B3	22,1	21,8	21,9	23,5	23,6	23,3	30,9	30,9	31,0
5	B2	21,8	21,8	21,8	22,7	22,7	22,7	26,0	26,2	26,2
6	B1	21,8	21,8	21,8	22,9	22,9	22,9	27,0	27,1	27,0
7	B1	21,8	21,8	21,8	23,2	23,2	22,8	23,6	23,6	23,6
8	B4	21,8	21,8	21,8	22,3	22,3	22,3	23,1	23,1	23,0
9	B4	21,6	21,3	21,3	21,8	21,7	21,8	23,4	23,5	23,4
42 dias		Acompanhamento - ciclo 3								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B3	22,8	22,8	22,7	23,7	23,7	23,7	26,5	26,5	26,5
2	B2	21,2	21,3	21,2	22,6	22,7	22,6	38,9	38,9	39,3
3	B3	22,3	22,3	22,3	21,9	21,8	21,8	22,4	22,4	22,5
4	B3	22,3	22,3	22,3	23,6	23,7	23,7	30,1	30,0	30,1
5	B2	22,2	22,1	22,2	22,7	22,6	22,7	26,6	26,5	26,5
6	B1	21,9	22,0	22,0	23,2	23,1	23,0	24,3	24,2	24,3
7	B1	22,3	22,3	22,3	23,8	23,7	23,7	23,3	23,3	23,3
8	B4	22,1	22,0	22,2	22,7	22,7	22,7	22,9	23,1	23,0
9	B4	21,8	21,8	21,8	22,2	22,2	22,3	26,5	26,5	26,6
56 dias		Acompanhamento - ciclo 4								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B3	22,0	22,1	22,0	23,0	23,1	23,1	29,0	29,0	29,0
2	B2	20,6	20,6	20,6	21,9	21,9	21,9	31,8	31,8	31,8
3	B3	21,4	21,4	21,4	21,3	21,3	21,0	21,9	21,9	21,9
4	B3	21,8	21,8	21,8	23,2	23,3	23,3	29,8	29,8	29,8
5	B2	21,8	21,6	21,8	22,3	22,3	22,3	34,1	34,0	34,1
6	B1	21,8	21,8	21,8	22,6	22,6	22,6	29,8	29,9	29,7
7	B1	21,8	21,8	21,8	22,7	22,7	22,6	23,1	23,2	23,1
8	B4	21,3	21,3	21,3	21,9	21,9	22,0	22,5	22,5	22,5
9	B4	21,8	21,8	21,8	22,2	22,2	22,2	29,8	29,8	29,8

70 dias		Acompanhamento - ciclo 5								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B3	22,4	22,3	22,3	23,1	23,1	23,1	22,5	22,5	22,4
2	B2	20,8	20,8	20,8	21,8	21,8	21,8	27,9	27,8	27,9
3	B3	21,6	21,5	21,6	21,4	21,4	21,4	22,1	22,1	22,2
4	B3	21,7	21,9	21,7	22,9	23,1	23,2	23,1	23,1	23,0
5	B2	21,4	21,3	21,4	21,4	21,8	21,9	22,8	22,8	22,8
6	B1	21,7	21,7	21,6	22,3	22,4	22,4	23,4	23,4	23,4
7	B1	21,6	21,5	21,6	22,4	22,4	22,5	22,9	22,9	22,9
8	B4	21,4	21,4	21,4	21,9	21,9	21,9	22,3	22,3	22,3
9	B4	21,5	21,4	21,5	21,8	21,7	21,8	23,0	23,0	23,0
84 dias		Acompanhamento - ciclo 6 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B3	10,0	9,9	10,0	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
2	B2	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	10,6	10,4	10,4
3	B3	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
4	B3	10,4	10,4	10,4	10,3	10,4	10,3	10,4	10,4	10,4
5	B2	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
6	B1	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
7	B1	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
8	B4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
9	B4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
84 dias		Acompanhamento - ciclo 6								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B3	22,2	22,3	22,3	22,9	22,9	22,9	22,4	22,4	22,4
2	B2	20,9	20,9	20,9	21,9	22,0	22,0	27,8	28,0	28,0
3	B3	21,6	21,7	21,7	21,5	21,5	21,5	21,9	21,9	22,0
4	B3	21,8	21,8	21,8	22,8	22,8	22,7	22,8	22,7	22,7
5	B2	21,4	21,4	21,4	22,2	22,2	22,1	22,8	22,8	22,8
6	B1	21,9	21,9	21,9	22,4	22,4	22,4	23,1	23,1	23,0
7	B1	21,5	21,5	21,6	22,5	22,6	22,5	22,8	22,8	22,9
8	B4	21,5	21,5	21,5	21,9	21,9	21,9	22,5	22,5	22,6
9	B4	21,2	21,3	21,1	21,6	21,6	21,6	23,0	23,0	23,0
91 dias		Acompanhamento - ciclo 6,5 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B3	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
2	B2	9,9	10,0	10,0	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
3	B3	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
4	B3	10,3	10,4	10,4	10,4	10,3	10,4	10,4	10,4	10,4
5	B2	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
6	B1	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
7	B1	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,5	10,4	10,4	10,4
8	B4	10,4	10,4	10,8	10,4	10,4	10,9	10,4	10,4	10,4
9	B4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4

91 dias		Acompanhamento - ciclo 6,5								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B3	22,1	22,0	22,0	22,7	22,8	22,6	22,1	22,1	22,1
2	B2	20,9	20,9	20,9	21,9	21,9	21,9	27,7	27,6	27,4
3	B3	21,7	21,8	21,6	21,6	21,5	21,5	22,0	21,9	21,9
4	B3	21,6	21,6	21,7	22,5	22,4	22,5	22,9	22,8	22,9
5	B2	21,5	21,4	21,4	21,7	21,7	21,6	22,6	22,7	22,8
6	B1	21,6	21,6	21,5	22,1	22,1	22,1	22,7	22,5	22,5
7	B1	21,4	21,4	21,4	22,5	22,6	22,5	22,4	22,5	22,5
8	B4	21,3	21,4	21,5	21,7	21,7	21,7	22,0	22,0	22,0
9	B4	21,4	20,9	21,3	21,7	21,5	21,6	22,8	22,8	22,8
98 dias		Acompanhamento - ciclo 7 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B3	10,0	10,0	9,9	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
2	B2	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
3	B3	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
4	B3	10,4	10,3	10,4	10,4	10,3	10,4	10,4	10,4	10,4
5	B2	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
6	B1	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
7	B1	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
8	B4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
9	B4	10,0	9,9	9,9	10,5	10,4	10,4	10,9	10,9	10,5
98 dias		Acompanhamento - ciclo 7 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B3	21,9	21,9	21,9	22,7	22,8	22,8	22,0	22,1	22,2
2	B2	20,8	20,8	20,9	21,9	21,9	22,0	27,6	27,9	27,9
3	B3	21,6	21,5	21,5	21,4	21,4	21,4	21,9	21,9	21,9
4	B3	21,5	21,4	21,6	22,8	22,8	22,8	23,1	23,2	23,1
5	B2	21,4	21,4	21,4	21,7	21,7	21,7	22,9	22,9	22,9
6	B1	21,5	21,4	21,4	21,9	22,0	22,2	22,9	23,0	22,8
7	B1	21,5	21,4	21,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5
8	B4	21,4	21,4	21,4	21,8	21,8	21,9	22,1	22,1	22,3
9	B4	21,0	21,0	20,9	21,6	21,5	21,5	22,9	22,9	22,8
112 dias		Acompanhamento - ciclo 8 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B3	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
2	B2	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,5	10,4	10,5	10,4
3	B3	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
4	B3	10,3	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
5	B2	10,3	9,9	9,9	10,5	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
6	B1	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	9,9	9,9	9,9
7	B1	10,3	10,3	10,3	10,8	10,9	10,8	10,4	10,4	10,4
8	B4	10,3	10,4	10,4	10,4	10,3	10,4	9,9	9,9	9,9
9	B4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4

112 dias		Acompanhamento - ciclo 8								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B3	22,2	22,3	22,3	22,8	22,9	22,9	22,3	22,4	22,4
2	B2	20,8	20,8	20,9	21,8	21,7	21,9	27,3	27,5	27,5
3	B3	21,8	21,8	21,8	21,4	21,4	21,4	21,9	21,9	21,9
4	B3	21,6	21,8	21,7	22,4	22,4	22,4	26,5	26,5	26,6
5	B2	21,4	21,5	21,4	21,9	21,9	22,0	22,9	22,9	23,0
6	B1	21,4	21,4	21,4	22,3	22,4	22,4	22,9	22,9	22,9
7	B1	21,8	21,8	21,8	23,3	23,3	22,9	22,9	23,0	22,9
8	B4	21,4	21,4	21,4	21,9	21,9	21,9	22,4	22,3	22,4
9	B4	21,1	21,2	21,2	21,7	21,7	21,8	23,0	23,0	23,1

Cimento CPIV – Medidas

MEDIDAS PRÉ-FISSURAÇÃO - PRISMAS MENORES					MEDIDAS PÓS-FISSURAÇÃO				
ABERTURA DE FISSURAS AOS 3 DIAS					ABERTURA DE FISSURAS AOS 3 DIAS				
CPIV - 0,30					CPIV - 0,30				
CP'S	Lateral			Betonada	CP'S	Lateral			
	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3			Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	
1	99,61	100,36	101,19	B2	1	101,70	100,97	100,46	
2	100,5	101,33	103,01	B3	2	101,20	101,69	103,67	
3	100,94	101,56	102,38	B2	3	101,18	102,36	102,76	
4	100,63	101,37	102,05	B2	4	101,07	101,83	102,84	
5	99,98	100,28	100,7	B3	5	100,89	100,78	100,94	
6	100,33	101,69	103,01	B3	6	100,36	101,53	103,35	
7	100,05	101,16	101,91	B2	7	100,32	101,59	102,92	
8	100	101,4	102,32	B3	8	100,94	101,56	102,78	
9	100,1	101,11	102,6	B3	9	101,04	101,75	102,57	
CPIV - 0,40					CPIV - 0,40				
CP'S	Lateral			Betonada	CP'S	Lateral			
	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3			Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	
1	100,33	101,46	102,97	B4	1	100,26	101,85	103,39	
2	99,79	100,54	101,35	B4	2	100,86	101,37	102,37	
3	100,5	100,15	100,54	B5	3	101,40	101,66	101,96	
4	99,96	101,73	103,72	B4	4	100,46	101,73	103,41	
5	99,76	101,74	103,75	B4	5	99,92	101,93	103,32	
6	103,74	104,41	105,7	B5	6	104,09	104,86	105,66	
7	102,28	102,43	102,92	B5	7	103,13	103,45	104,02	
8	104,8	105,37	105,98	B5	8	106,63	106,45	107,57	
9	103,11	103,71	104,82	B5	9	104,67	105,49	106,35	
CPIV - 0,50					CPIV - 0,50				
CP'S	Lateral			Betonada	CP'S	Lateral			
	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3			Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	
1	100,59	101,84	102,57	B7	1	101,45	102,25	102,90	
2	99,88	100,27	101,01	B7	2	100,46	101,33	102,16	
3	100,52	101,8	103,55	B7	3	100,91	102,16	103,41	
4	100,42	101,92	103,26	B7	4	101,04	102,39	103,72	
5	99,72	100,94	102,68	B8	5	99,75	101,23	102,33	
6	100,83	100,23	100,91	B8	6	100,45	100,13	100,54	
7	100,69	101,22	102,18	B8	7	100,59	100,86	101,71	
8	100,1	100,99	102,15	B8	8	100,40	101,11	102,67	
9	100,74	100,61	100,24	B7	9	102,46	100,25	100,79	

MEDIDAS PRÉ-FISSURAÇÃO - PRISMAS MENORES				
ABERTURA DE FISSURAS AOS 28 DIAS				
CPIV - 0,30				
CP'S	Lateral			Bettonada
	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	
1	100,95	100,4	100,21	B2
2	100,9	100,35	99,97	B3
3	102,55	101,49	100,95	B2
4	101,41	100,7	100,3	B3
5	99,21	99,44	100,01	B2
6	100,72	100,13	100,68	B3
7	99,1	99,01	99,07	B2
8	103,27	101,89	100,55	B3
9	100,85	100,55	100,36	B2
CPIV - 0,40				
CP'S	Lateral			Bettonada
	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	
1	100,63	100,17	99,9	B4
2	101,43	101,31	101,09	B5
3	102,42	101,13	100,3	B4
4	104,09	103,68	103,42	B5
5	100,1	99,49	99,39	B4
6	106,86	105,92	105,22	B5
7	103,8	101,71	100,02	B4
8	107,31	106,47	105,94	B5
9	103,46	101,74	100	B4
CPIV - 0,50				
CP'S	Lateral			Bettonada
	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	
1	101,56	100,66	100,34	B8
2	102,88	101,85	101,21	B7
3	102,77	101,01	100,05	B8
4	103,75	102,19	101,07	B7
5	101,98	100,72	100,02	B8
6	100,66	100,07	100,14	B7
7	102,52	101,16	100,05	B8
8	101,83	101,01	100,22	B7
9	101,11	100,15	99,86	B8

MEDIDAS PÓS-FISSURAÇÃO				
ABERTURA DE FISSURAS AOS 3 DIAS				
CPIV - 0,30				
CP'S	Lateral			
	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	
1	100,58	101,18	101,84	
2	100,13	100,72	101,59	
3	101,46	102,01	102,83	
4	100,31	101,21	101,68	
5	QUEBRA			
6	100,10	100,42	101,05	
7	98,87	98,78	98,72	
8	101,16	101,91	102,96	
9	100,33	100,45	100,74	
CPIV - 0,40				
CP'S	Lateral			
	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	
1	99,98	100,33	100,73	
2	100,57	100,71	100,92	
3	100,94	101,88	102,38	
4	104,05	104,52	105,28	
5	99,57	100,00	100,82	
6	105,50	106,08	106,67	
7	100,43	101,74	102,88	
8	106,47	106,47	107,40	
9	100,68	101,74	102,88	
CPIV - 0,50				
CP'S	Lateral			
	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	
1	100,59	100,56	101,35	
2	101,34	101,81	102,78	
3	100,95	101,01	102,40	
4	100,52	101,79	103,21	
5	100,24	100,97	101,87	
6	100,10	100,17	100,55	
7	100,12	100,90	101,83	
8	100,30	100,87	101,85	
9	99,91	100,59	100,70	

MEDIDAS LATERAL - PRISMAS MENORES				
ABERTURA DE FISSURAS AOS 3 DIAS				
CPIV- 0,30				
CP'S	Lateral			Betonada
	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	
1	50,02	50,04	49,85	B2
2	50,91	50,92	50,53	B3
3	49,7	49,79	49,55	B2
4	49,92	49,95	49,82	B2
5	52,89	52,87	51,56	B3
6	50,86	50,99	50,97	B3
7	50,08	49,95	49,83	B2
8	50,87	50,77	50,8	B3
9	50,74	50,69	50,76	B3
CPIV- 0,40				
CP'S	Lateral			Betonada
	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	
1	50,49	50,38	50,26	B4
2	51,08	50,84	50,65	B4
3	49,61	49,41	48,98	B5
4	49,48	49,69	49,89	B4
5	50,01	49,73	49,45	B4
6	50,17	49,89	49,65	B5
7	50,14	50,22	49,99	B5
8	49,69	49,65	49,72	B5
9	50,58	50,19	49,74	B5
CPIV- 0,40				
CP'S	Lateral			Betonada
	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	
1	50,69	50,75	50,84	B7
2	50,36	50,4	50,23	B7
3	51,93	51,8	51,59	B7
4	51,63	51,45	51,36	B7
5	51,2	51,19	50,8	B8
6	50,85	50,59	50,53	B8
7	50,79	50,6	50,54	B8
8	50,99	51,33	51,43	B8
9	54,77	57,46	60,82	B7

MEDIDAS LATERAL - PRISMAS MENORES				
ABERTURA DE FISSURAS AOS 28 DIAS				
CPIV- 0,30				
CP'S	Lateral			Betonada
	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	
1	50,31	50,37	50,38	B2
2	50,92	50,86	50,87	B3
3	49,92	50,1	49,97	B2
4	50,49	50,81	51,24	B3
5	QUEBRA			B2
6	54,93	53,17	51,15	B3
7	53,03	51,73	50,69	B2
8	51,27	51,48	51,44	B3
9	50,84	51,12	51,59	B2
CPIV- 0,40				
CP'S	Lateral			Betonada
	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	
1	50,88	50,43	50,3	B4
2	50,92	50,62	50,52	B5
3	49,9	50,09	50,24	B4
4	50,07	50,05	49,97	B5
5	50,99	50,72	50,51	B4
6	49,99	49,67	49,56	B5
7	49,82	49,96	50	B4
8	49,87	50,03	49,98	B5
9	49,91	49,79	49,65	B4
CPIV- 0,40				
CP'S	Lateral			Betonada
	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	
1	51,56	51,43	51,4	B8
2	50,99	51,04	51,17	B7
3	50,47	50,42	50,28	B8
4	51,42	51,15	51,02	B7
5	50,18	50,16	49,88	B8
6	50,52	50,43	50,37	B7
7	51,36	51,48	51,66	B8
8	50,8	50,56	50,33	B7
9	53,09	53,48	54,09	B8

Cimento CPIV – Idade de abertura de fissuras aos 3 dias

VELOCIDADE DE PULSO ULTRASSÔNICO - PRISMAS MENORES										
ABERTURA DE FISSURAS AOS 3 DIAS										
CPIV - 0,30										
Pré-fissuração										
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B2	21,8	22,2	21,8	21,7	21,7	21,3	21,8	22,1	21,7
2	B3	22,6	22,8	22,4	21,8	21,8	22	22,2	22,2	22,2
3	B2	21,8	22,2	22,4	21,8	21,8	21,8	22,2	22,2	22,2
4	B2	21,8	22	22,2	21,8	21,8	21,8	22,5	22,3	22,4
5	B3	22	22,2	22,2	21,3	21,5	21,6	21,6	21,3	21,3
6	B3	22,2	22,6	22,5	21,8	22,2	22,3	21,8	21,7	21,7
7	B2	22,6	22,3	22,2	22	22	22,1	22,4	22,6	22,6
8	B3	22,6	22,8	22,5	21,8	21,7	22,1	22,3	22,2	22,2
9	B3	22,3	22,2	22,2	21,3	21,3	21,2	21,7	21,7	22
Pós-fissuração										
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B2	28,4	28,4	28,4	24,4	25,4	24,8	24,4	24,6	24,7
2	B3	25	25	24,8	23,1	22,7	22,7	23,2	23,4	23,1
3	B2	35,8	23,3	23,9	25,1	24,5	24,9	23,1	23,4	23,5
4	B2	23,2	23,2	23,2	23,4	23,4	23,1	23,7	23,8	23,7
5	B3	24,5	24,4	24,4	22,2	23	23	33,5	28,1	28,2
6	B3	51,9	25,2	25,3	23,7	23,4	23,9	23,1	23,2	23,4
7	B2	23,4	23,5	23,5	23	23	22,9	24,3	24,3	24,4
8	B3	43,8	45,8	44,2	37,8	34,9	32,4	27,4	28,2	28,9
9	B3	24,2	24	23,7	22,6	22,9	22,6	23	23,1	23
14 dias										
Acompanhamento - ciclo 1										
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B2	26,2	26,1	26,1	25,5	25,5	25,5	26	26	26
2	B3	26,6	26,8	32,6	25,2	25,3	25,2	25	25	25
3	B2	26,9	27	27,5	25,6	25,5	25,5	25,2	25,2	25,1
4	B2	25,1	25,2	25,1	26	26	26,1	26,1	26,2	26,4
5	B3	26,3	26,3	26,5	25,5	25,5	25,6	26,5	26,4	26,6
6	B3	26,5	26,5	26,7	25,6	25,6	25,5	25,5	25,1	25,1
7	B2	25,9	25,8	25,9	25,4	25,2	24,9	25,7	25,5	25,8
8	B3	26,6	26,5	26,6	26,3	26,1	26,1	33	33	32,8
9	B3	25,9	25,9	25,7	25	25,1	25,2	25,4	25,4	25,5
28 dias										
Acompanhamento - ciclo 2										
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B2	28,8	28,6	28,5	21,7	21,7	21,7	22	22,1	22
2	B3	28,9	28,9	28,9	21,6	21,6	21,6	20,7	20,6	20,6
3	B2	21,7	22	22	20,9	20,9	20,9	20,8	20,8	20,8
4	B2	20,8	21	21	21,6	21,6	21,6	22,1	22,1	22
5	B3	22,2	22	22	21,4	21,6	21,3	30	29,9	29,9
6	B3	22,4	22,5	22,5	21,9	22,1	22	21,2	21,2	21,2
7	B2	21,7	21,9	21,8	21,3	21,4	21,5	21,9	21,9	21,7
8	B3	26,5	26,5	26,6	25,5	25,5	25,4	22,1	22,1	22,2
9	B3	22,1	22,1	22,1	21	21,1	21,1	21,3	21,2	21,2

42 dias		Acompanhamento - ciclo 3								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B2	21,5	21,6	21,5	21	21,1	21,1	21,5	21,3	21,3
2	B3	28,2	28,4	28,2	20,2	20,2	20,3	20,8	20,8	20,8
3	B2	21,2	21,2	21,4	20,8	20,8	20,7	20,3	20,2	20,2
4	B2	20,3	20,3	20,3	20,7	20,7	20,7	27,1	27,1	27
5	B3	21,3	21,2	21,2	20,7	20,7	20,7	21,9	21,8	21,9
6	B3	21,7	21,7	21,7	20,8	20,8	20,8	20,3	20,3	20,3
7	B2	20,8	20,8	20,8	20,3	20,3	20,3	20,8	20,8	20,8
8	B3	22	22	21,9	21,6	21,7	21,7	21,6	21,3	21,2
9	B3	20,8	20,8	20,7	19,8	19,7	19,7	20,3	20,3	20,3
56 dias		Acompanhamento - ciclo 4								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B2	22	21,9	21,9	21,8	21,6	21,4	27,6	27,4	27,8
2	B3	21,5	21,5	21,6	20,8	20,6	20,8	20,3	20,8	20,4
3	B2	28	28,1	28	20,8	20,8	20,8	20,2	20,3	20,2
4	B2	20,3	20,2	20,3	20,7	20,7	20,9	21,2	21,2	21,2
5	B3	21,5	21,6	21,6	21,4	21,3	20,9	29,8	29,7	29,8
6	B3	27,5	27,5	27,6	21,2	21,2	21,2	20,3	20,2	20,2
7	B2	21,2	21,2	21,3	20,2	20,2	20,2	21,2	21,1	21,1
8	B3	25,6	25,6	25,5	21,5	21,3	21,5	21,7	21,6	21,3
9	B3	21,1	21,1	21,3	20,3	20,3	20,2	20,2	20,2	20,2
70 dias		Acompanhamento - ciclo 5								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B2	19,6	19,6	19,4	18,8	18,8	18,8	19,2	19,3	19,2
2	B3	19,9	19,6	19,6	18,4	18,4	18,4	18,2	18,1	18,1
3	B2	19,2	19,2	19,2	18,4	18,4	18,4	18,7	18,4	18,4
4	B2	17,9	17,9	17,9	18,3	18,3	18,3	19,2	19,2	19,2
5	B3	19,2	19,1	19,1	18,7	18,7	18,7	19,8	19,5	19,5
6	B3	20	19,9	19,9	18,4	18,4	18,4	17,9	17,9	17,9
7	B2	18,8	18,8	18,8	18,3	18,3	18,3	18,7	18,8	18,8
8	B3	23,3	23,2	23	19,2	19,2	19,2	18,9	18,9	19
9	B3	19	18,9	18,9	17,8	17,7	17,7	17,9	17,9	17,9
84 dias		Acompanhamento - ciclo 6								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B2	19,3	19,3	19,3	18,9	18,9	18,8	19,3	19,3	19,3
	B3	20	19,6	19,7	18,8	18,8	18,8	18,4	18,4	18,4
3	B2	19,6	19,3	19,3	18,9	18,9	18,9	18,4	18,4	18,4
4	B2	17,9	17,9	17,9	18,4	18,8	18,9	19,3	19,3	19,3
5	B3	19,2	19,2	19,2	18,8	18,9	18,8	19,8	19,8	19,8
6	B3	19,5	19,4	19,3	18,9	18,9	18,9	18,3	18,4	18,4
7	B2	19,2	19,3	19,3	18,4	18,4	18,4	19	18,9	18,9
8	B3	20,1	20,1	20,1	19,3	19,3	19,3	19,2	19,2	19,3
9	B3	19,6	19,7	19,6	18,3	18,3	17,9	18,3	18,3	18,3

91 dias		Acompanhamento - ciclo 6,5								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B2	21,2	21	20,9	20,9	20,9	20,8	21,4	21,3	21,3
2	B3	21,8	21,7	21,8	20,5	20,4	20,4	20,4	20,5	20,7
3	B2	21,7	21,6	21,8	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4
4	B2	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4	20,5	21,4	21,4	21,7
5	B3	20,9	20,9	20,9	20,8	20,8	20,8	21,8	22,1	21,7
6	B3	21,4	21,4	21,4	20,8	20,8	20,9	20,4	20,4	20,4
7	B2	20,9	20,9	20,9	20,4	20,3	20,4	20,8	20,8	20,9
8	B3	21,8	21,7	21,7	21,4	21,3	21,3	21,6	21,4	21,4
9	B3	21,3	21,4	21,4	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9
112 dias		Acompanhamento - ciclo 8								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B2	21,2	21	21,1	21,1	21,1	21,1	21,3	21,1	21,6
2	B3	21,6	21,6	21,6	20,7	20,7	20,8	20,3	20,3	20,6
3	B2	21,6	21,5	21,6	20,8	20,8	20,7	20,3	20,3	20,6
4	B2	20,3	20,2	20,3	20,8	20,8	20,8	21,2	21,2	21,2
5	B3	21	21,4	21,2	21	21	20,7	21,5	21,6	21,5
6	B3	21,7	21,7	21,6	20,8	20,8	20,8	20,3	20,3	20,3
7	B2	21,1	21,2	21,1	20,3	20,3	20,3	20,8	20,7	20,7
8	B3	21,6	21,7	21,8	21,1	21,1	21,4	21,6	21,7	21,6
9	B3	21,5	21,6	21,2	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3
140 dias		Acompanhamento - ciclo 10								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B2	21,4	21,1	21,4	20,9	20,9	20,9	21,6	21,6	21,5
2	B3	21,5	21,5	21,6	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9
3	B2	21,5	21,6	21,7	20,9	20,9	20,9	20,5	20,4	20,8
4	B2	20,4	20,4	20,4	20,9	20,9	20,9	21,6	21,5	21,5
5	B3	21,3	21,1	21,3	21,3	21	21	21,5	21,5	21,5
6	B3	21,9	21,9	21,9	21	21	20,9	20,4	20,4	20,4
7	B2	20,9	20,9	20,9	20,6	20,6	20,6	21,3	21,4	21,4
8	B3	21,9	21,9	21,9	21,6	21,5	21,6	21,6	21,5	21,9
9	B3	21,5	21,4	21,4	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4
154 dias		Acompanhamento - ciclo 11 - integro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B2	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9
2	B3	10	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4
3	B2	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9
4	B2	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9
5	B3	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,3	10,4	10,4
6	B3	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
7	B2	10	9,9	9,9	9,9	9,9	10,4	9,9	9,9	10,4
8	B3	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	9,9	9,9	9,9
9	B3	9,9	9,9	10	10	10	10	9,9	9,9	10,1

154 dias		Acompanhamento - ciclo 11								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B2	21,4	21,5	21,3	21,1	21,1	21,1	21,5	21,4	21,5
2	B3	21,7	21,6	21,7	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9
3	B2	21,6	21,6	21,6	20,9	20,9	20,9	20,7	20,7	20,7
4	B2	20,4	20,4	20,4	20,9	20,9	20,9	21,6	21,4	21,6
5	B3	21	21,1	21,2	21	21,1	21,1	21,9	21,7	22
6	B3	22	22	21,9	20,9	21	21	20,4	20,5	20,4
7	B2	21,1	21,2	21	20,5	20,6	20,4	21,4	21,4	21,3
8	B3	21,8	21,9	21,9	21,5	21,5	21,6	21,7	21,7	21,8
9	B3	21,5	21,6	21,5	20,5	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4
168 dias		Acompanhamento - ciclo 12 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B2	9,4	9,5	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9
2	B3	9,9	9,9	9,9	9,8	9,8	9,8	9,9	10	9,9
3	B2	9,9	9,5	9,4	9,8	9,4	9,4	9,9	9,9	9,9
4	B2	9,5	9,4	9,4	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9
5	B3	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9
6	B3	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9
7	B2	9,9	9,9	9,9	9,4	9,4	9,9	9,9	9,9	9,9
8	B3	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,4	9,4	9,9
9	B3	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	10	9,9	9,9
168 dias		Acompanhamento - ciclo 12								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B2	21,3	21,3	21,3	21	21	21	21,3	21,3	21,3
2	B3	21,1	21,3	21,2	20,4	20,4	20,4	20,5	20,5	20,5
3	B2	21,4	21,4	21,3	21	20,9	20,9	20,4	20,4	20,4
4	B2	20,4	20,4	20,4	20,7	20,9	20,5	21,3	21,3	21,4
5	B3	20,9	21	21	21	20,9	20,9	21,4	21,4	21,4
6	B3	21,8	21,7	21,6	20,8	20,9	21	20,4	20,4	20,5
7	B2	20,7	20,8	20,7	20,2	20,1	20,3	21,2	21,3	21,3
8	B3	21,4	21,5	21,6	21,3	21,4	21,3	21,1	21,4	21
9	B3	21	20,9	21	19,9	19,9	19,9	20,1	20,4	20,2
182 dias		Acompanhamento - ciclo 13 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B2	10,1	10	10	10	10	10	10	10	10
2	B3	10,4	10,4	10,4	10	10	10	10,4	10,4	10,4
3	B2	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	10,1	10	10
4	B2	10	10	10	10,4	10,4	10,4	10	10	10
5	B3	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,5	10,5	10,5
6	B3	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
7	B2	10,4	10,4	10,4	10	10	10	10	10,1	10,3
8	B3	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,1	10,3	10,2
9	B3	10	10,1	10	10,5	10,5	10,4	10,4	10,4	10,4

182 dias		Acompanhamento - ciclo 13								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B2	21,8	21,6	21,6	21,3	21,4	21,4	21,5	21,6	21,6
2	B3	21,7	21,7	21,8	21	20,9	21	20,9	21	21
3	B2	21,5	21,5	21,6	21,1	21,1	21,4	20,9	20,8	20,8
4	B2	20,5	20,7	20,7	21,1	21	21,1	21,6	21,6	21,6
5	B3	21,6	21,6	21,5	21	21	21	21,8	21,9	22
6	B3	21,9	21,9	22	21,4	21,4	21,4	20,6	20,6	20,6
7	B2	21	20,9	21	20,8	20,7	20,9	21,1	21,1	21,1
8	B3	21,9	21,9	21,9	21,7	21,8	21,8	21,5	21,4	21,5
9	B3	21,5	21,7	21,8	20,5	20,5	20,6	20,7	20,8	20,9

VELOCIDADE DE PULSO ULTRASSÔNICO - PRISMAS MENORES										
ABERTURA DE FISSURAS AOS 3 DIAS										
CPIV - 0,40										
Pré-fissuração										
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	24,5	24,6	24,5	24,9	25,1	24,4	22,8	23,3	23,3
2	B4	24,7	24,9	24,8	24,2	24,3	24,6	22,6	22,9	22,9
3	B5	22,7	23,1	23,3	23,1	23,4	23,4	22,9	23	23,3
4	B4	24,25	24,1	24,5	23,2	23,6	23,6	22,6	22,8	23,7
5	B4	24,1	24,4	24,5	23,6	24,5	24,4	22,4	22,9	23,1
6	B5	24,4	24,6	24,5	23,7	23,77	24,1	23,3	23,3	23,2
7	B5	23,7	24,1	23,8	23,3	23,6	23,6	23,7	23,7	23,7
8	B5	24,2	24,5	24,8	24,2	24,6	24,6	23,2	23,6	23,9
9	B5	24,2	24,5	24,4	23,6	23,9	23,8	23,7	23,7	23,8
Pós-fissuração										
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	69,2	51,3	50	40,5	42,9	41	24,5	24,4	24,5
2	B4	63,9	62,3	62,5	32,3	46,5	44,6	27,5	30,3	33,7
3	B5	35	54,7	59,1	34,1	45,6	41	24,9	30,9	30,9
4	B4	40,2	55,2	55,3	32,1	31,8	32,3	24,6	24,5	23,8
5	B4	49,8	50,9	59	41	40,8	40,9	24,8	24,9	26,5
6	B5	32,5	33,8	48,5	34,5	27,3	34,4	25,6	25,6	25,6
7	B5	46,6	42,5	43,2	26,5	33,6	33,6	45,1	34,3	42,5
8	B5	48,2	59	59,9	34,8	44,3	41,6	25,7	25,7	25,7
9	B5	55,3	55,5	53	45,2	46,2	47,7	25,5	25,7	25,6
14 dias		Acompanhamento - ciclo 1								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	36,1	35,9	36,1	30,8	32,1	32,1	26,1	25,9	25,9
2	B4	51,5	55,7	55,9	26,6	27	26,8	25,6	25,7	25,6
3	B5	26,6	27,1	26,9	27,1	33,4	33,6	25,6	25,6	25,6
4	B4	28	28	28,1	26,5	26,5	26,5	25,7	25,7	25,6
5	B4	35,1	35,1	35,1	27,5	27,5	27,5	25,9	25,8	25,9
6	B5	27,4	27,6	27,4	27,1	26,7	26,7	26,6	26,6	26,6
7	B5	35,1	35	34,9	26,9	26,5	27	25,5	25,5	25,5
8	B5	27,7	27,6	27,7	27,5	27,4	27,4	26,2	26,1	26
9	B5	35,9	36,3	36	27,1	27,1	27,1	26,2	26,3	26

28 dias		Acompanhamento - ciclo 2								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	29,2	29,2	29,2	23,4	23,2	23,4	21,8	21,7	21,7
2	B4	29,5	29,5	29,5	22,3	23	22,9	21,5	21,6	21,6
3	B5	23,1	23,1	22,8	22,3	22,4	22,3	21,9	21,8	21,9
4	B4	23,3	29,5	29,4	22,7	22,7	22,7	21,7	21,3	21,3
5	B4	35,6	35,2	35,4	22,7	23,1	23,1	21,7	21,6	21,7
6	B5	23,6	23,2	23,3	22,8	22,8	22,8	22,3	22,3	22,3
7	B5	23,5	23,2	23,2	22,7	22,7	22,6	21,3	21,3	21,3
8	B5	23,5	23,2	23,2	23,2	23,3	23,2	22,7	22,3	22,2
9	B5	23,4	23,2	23,2	22,7	22,7	22,9	22,2	22,4	22,2
42 dias		Acompanhamento - ciclo 3								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	38,4	38	38,1	22,2	22,2	22,2	20,8	20,8	20,8
2	B4	29,5	29,1	29,1	21,8	21,7	21,7	21,1	21,2	21,2
3	B5	22,1	22,1	21,9	21,2	21,6	21,6	21,2	21,2	21,2
4	B4	22,2	22,5	22,5	21,7	21,7	21,7	20,8	20,8	20,8
5	B4	22,2	22,2	22,1	21,9	21,7	21,8	20,7	20,8	20,7
6	B5	22,3	22,2	22,3	21,8	21,7	21,8	21,7	21,8	21,8
7	B5	22,6	22,7	22,7	21,8	21,8	21,8	20,9	21	21,2
8	B5	22,7	22,7	22,7	22,2	22,3	22,2	21,2	21,2	21,2
9	B5	22,2	22,2	22,6	21,7	21,7	21,7	21,3	21,3	21,3
56 dias		Acompanhamento - ciclo 4								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	23	23	23	22,5	22,6	22,6	21,2	21,3	21,4
2	B4	29,7	29,6	29,6	21,7	21,8	21,7	20,7	20,7	20,7
3	B5	22	21,7	21,5	21,4	21,2	21,2	20,8	20,8	20,7
4	B4	23	23	23	21,7	21,8	21,9	20,8	20,8	20,8
5	B4	30,9	30,9	30,8	22,5	22,4	22,2	20,8	20,8	20,8
6	B5	23,1	23,1	23,1	22,3	22,2	22,3	21,8	21,8	21,7
7	B5	23	23,1	23	21,8	21,9	22	21,7	21,3	21,2
8	B5	22,7	22,7	22,3	22,3	22,3	22,2	21,8	21,8	21,8
9	B5	22,6	22,5	22,6	22,3	22,9	22,6	21,8	21,8	21,7
70 dias		Acompanhamento - ciclo 5								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	30,2	39,9	29,9	20,2	20,2	20,2	18,6	18,8	18,8
2	B4	26,9	27	27	19,8	19,7	19,5	20,2	19,6	19,6
3	B5	20	20	20	18,9	18,9	18,9	18,8	18,9	18,8
4	B4	20,7	20,7	20,9	19,4	19,4	19,7	18,4	18,4	18,4
5	B4	20,3	20,2	20,3	20,1	20	20	18,7	18,5	18,7
6	B5	20,3	20,3	20,3	19,8	19,8	19,8	19,5	19,4	19,4
7	B5	20,7	20,7	19,8	19,4	19,4	19,4	18,5	18,4	18,4
8	B5	20,4	20,3	20,3	20,2	20,1	20	19,4	19,4	19,4
9	B5	20,7	20,3	20,5	19,8	19,8	19,8	19,3	19,3	19,3

84 dias		Acompanhamento - ciclo 6								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	20,5	20,6	20,6	20,3	20,3	20,3	18,8	18,8	18,6
2	B4	21,1	21,1	21,1	19,8	19,8	19,8	18,8	18,8	18,8
3	B5	20	20	19,9	19,3	19,3	19,3	18,9	18,9	18,8
4	B4	20,5	20,5	20,7	19,4	19,4	19,4	18,9	18,9	18,8
5	B4	20,3	20,4	20,3	19,9	19,9	19,9	18,9	18,9	18,9
6	B5	20,8	20,4	20,4	19,9	19,9	19,9	19,8	19,8	19,8
7	B5	20,7	20,7	20,7	19,9	19,8	19,8	18,9	18,9	18,9
8	B5	20,3	20,5	20,4	20,4	20,4	20,4	19,8	19,7	19,8
9	B5	20,4	20,4	20,5	19,8	19,7	19,7	19,4	19,4	19,4
98 dias		Acompanhamento - ciclo 7								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	22,7	22,7	22,7	22	22,1	22,3	20,8	20,4	20,5
2	B4	23,1	23,2	22,9	21,8	21,8	21,8	20,7	20,8	20,8
3	B5	21,8	21,8	21,8	21,2	21,2	21,3	20,9	20,9	20,9
4	B4	22,7	22,8	22,7	21,7	21,8	21,8	20,4	20,4	20,4
5	B4	22,4	22,3	22,4	22	21,9	21,9	20,9	20,9	20,9
6	B5	22,8	22,8	22,8	21,9	21,9	21,9	21,7	21,8	21,5
7	B5	23	23,1	22,8	22,1	21,7	21,7	20,9	20,9	20,9
8	B5	22,7	22,8	22,8	22,4	22,4	22,4	21,8	21,8	21,8
9	B5	22,7	22,7	22,7	22,1	22,3	22,2	21,7	21,4	21,4
112 dias		Acompanhamento - ciclo 8								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	29,4	29,5	29,5	22,2	22,3	22,3	20,8	20,8	20,8
2	B4	23,1	23,2	23,1	21,8	21,8	21,8	20,7	20,8	20,8
3	B5	22,1	22,1	22,1	21,2	21,2	21,2	21,2	21,2	21,2
4	B4	23	23	23	21,7	21,7	21,7	20,7	20,7	20,9
5	B4	22,1	22,2	22,2	22,1	22,2	22,2	20,8	20,8	20,7
6	B5	22,7	22,6	22,4	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8
7	B5	22,6	22,5	22,5	21,8	21,8	21,8	20,8	20,8	20,8
8	B5	22,6	22,7	22,5	22,3	22,3	22,3	21,7	21,8	21,8
9	B5	29	29	29	22,1	22,1	22,1	21,7	21,6	21,7
140 dias		Acompanhamento - ciclo 10								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	23,3	23,2	23	22,4	22,4	22,4	20,9	20,9	20,9
2	B4	23,2	23,4	23,5	22	22	22,1	21	21	21,1
3	B5	22	21,8	21,9	21,5	21,4	21,5	21,3	21,3	21,3
4	B4	23,1	22,4	22,6	21,8	21,8	21,8	20,9	20,9	20,9
5	B4	22,5	22,5	22,3	22,1	22,3	22,2	21,3	21,3	21,3
6	B5	22,5	22,6	22,5	22,3	22,4	22,2	21,9	21,9	21,9
7	B5	22,9	22,8	23	21,8	21,9	21,9	21,9	21,9	21,9
8	B5	22,6	22,7	22,9	22,5	22,4	22,5	21,9	21,9	21,9
9	B5	22,9	23	22,9	21,9	21,9	21,9	21,8	21,8	21,8

154 dias		Acompanhamento - ciclo 11 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	10,4	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9	10,4	10,4	10,4
2	B4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,5	10,4	10,4	10,4
3	B5	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
4	B4	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
5	B4	10,4	10,4	10,4	10,8	10,5	10,4	10,4	10,4	10,4
6	B5	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
7	B5	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
8	B5	10,4	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	9,9	9,9	9,9
9	B5	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,5	10,5	10,5
154 dias		Acompanhamento - ciclo 11								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	23,3	23,3	23,2	22,5	22,5	22,4	20,9	20,9	20,9
2	B4	23,5	23,4	23,3	22,4	22,2	22,3	21	21	20,9
3	B5	21,7	21,7	21,8	21,5	21,6	21,4	21,4	21,3	21,2
4	B4	22,9	22,8	22,8	21,9	21,9	21,8	20,9	20,9	20,9
5	B4	22,4	22,5	22,5	21,9	21,9	22	21	21	20,9
6	B5	22,5	22,5	22,4	22,4	22,4	22,4	21,9	21,9	21,9
7	B5	22,9	22,9	22,9	21,9	21,9	21,9	21,4	21,4	21,7
8	B5	22,8	22,9	22,9	22,5	22,4	22,4	21,7	21,4	21,4
9	B5	22,9	22,8	22,9	21,9	21,9	21,9	21,8	21,8	21,9
168 dias		Acompanhamento - ciclo 12 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	10,4	9,9	9,9	10,4	10,5	10,4	10,4	10,4	10,4
2	B4	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
3	B5	10	10	10	10	10	10	10	10	10
4	B4	9,4	9,4	9,4	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4
5	B4	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
6	B5	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9
7	B5	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
8	B5	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9
9	B5	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9
168 dias		Acompanhamento - ciclo 12								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	22,9	22,8	22,8	22	22,1	22,1	20,5	20,4	20,4
2	B4	22,9	22,9	22,9	21,9	21,8	21,8	20,9	21	20,9
3	B5	21,4	21,4	21,4	21,2	21,2	21,4	20,4	20,8	20,9
4	B4	22,4	22,5	22,5	21,4	21,4	21,3	20,3	20,4	20,5
5	B4	22,2	22,2	22	21,8	21,6	21,6	20,7	20,8	20,9
6	B5	22,2	22,1	22,2	22	21,9	22	21,4	21,4	21,4
7	B5	22,8	22,5	22,5	21,9	21,8	21,7	20,9	20,9	20,9
8	B5	22,5	22,6	22,2	22,4	22,1	22	21,5	21,5	21,4
9	B5	22,3	22,2	22,3	22	21,5	21,5	21,4	21	21

182 dias		Acompanhamento - ciclo 13 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	10,4	10,5	10,8	11	11	11	10,9	10,5	10,7
2	B4	10,6	10,4	10,5	10,9	10,8	10,9	10,9	10,9	10,9
3	B5	10,1	10	10,1	10,5	10	10,5	10,4	10,4	10,4
4	B4	9,9	9,9	9,9	10,4	10,5	10,5	10,9	10,9	10,9
5	B4	10,4	10,4	10,4	10,5	10,6	10,6	10,4	10,5	10,4
6	B5	10,4	10,4	10,1	10,4	10,4	10	10,4	10,4	10,4
7	B5	10	10	10	10,4	10,5	10,4	10,4	10,4	10,4
8	B5	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
9	B5	10,4	10,4	10,4	10,5	10,5	10,6	10,5	10,5	10,5
182 dias		Acompanhamento - ciclo 13								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	22,9	22,9	23	22,5	22,5	22,4	21	21,1	21,2
2	B4	23,4	23,3	23,3	22,4	22,4	22,5	21,1	21,2	21,1
3	B5	22	22	22	21,8	21,8	21,8	21,3	21,5	21,5
4	B4	22,9	22,9	22,9	22,1	22,2	22,3	20,8	20,9	20,9
5	B4	22,6	22,5	22,6	22,4	22,4	22,5	21,3	21,3	21,3
6	B5	22,8	23	23	22,2	22,2	22,2	21,9	22	22
7	B5	23	23,1	23,1	21,9	22,3	22	21,4	21,4	21,4
8	B5	22,9	22,9	22,9	22,7	22,8	22,8	21,9	21,9	21,9
9	B5	22,8	22,8	22,9	22,4	22,4	22,3	21,8	21,9	22

VELOCIDADE DE PULSO ULTRASSÔNICO - PRISMAS MENORES										
ABERTURA DE FISSURAS AOS 3 DIAS										
CPIV - 0,50										
Pré-fissuração										
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B7	25,6	26,3	26,2	26	26,3	26,6	24	24,5	24,4
2	B7	25,5	25,8	26	25,1	25,3	25,3	23,9	24,1	23,8
3	B7	25,5	25,6	25,7	24,1	24,6	24,7	23,5	24	23,8
4	B7	25,1	25	25	24,1	24,4	24,7	23,7	24	23,8
5	B8	25,4	25,7	25,2	25	25,3	25,5	23,6	23,8	23,4
6	B8	25,3	25,7	25,6	25,9	24,9	24,1	23,7	23,8	23,8
7	B8	25,6	25,9	25,9	23,6	23,8	23,9	23,9	24,2	24,5
8	B8	26,1	26,1	26,2	25,9	26,1	25,8	24,3	24,5	24,7
9	B7	25,1	25,5	25,7	24,2	24,8	25,2	23	23,7	23,9
Pós-fissuração										
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B7	42	43,4	42,2	40,7	39,7	40,2	27,2	25,3	25,3
2	B7	41,9	39,1	41,8	31,3	37,2	37	25,2	33,8	32,4
3	B7	33	33,3	32,9	35,8	43,6	45,5	24,4	24,9	24,6
4	B7	38,4	38,8	38,3	32,1	32,5	32,7	24,6	24,1	24,7
5	B8	37,3	37,2	37,6	25,9	27	26,6	25,2	25,1	25,1
6	B8	37,2	36,3	38,5	26,1	26	25,9	24,1	24,1	24,4
7	B8	38,6	37,6	40,2	39,3	38,4	38,5	25,3	25,6	25,5
8	B8	53,5	53,9	54,2	36,7	38,5	38,9	24,5	24,5	24,5
9	B7	27,8	34,6	34	26,4	26,4	26,4	25	24,9	24,7

14 dias		Acompanhamento - ciclo 1								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B7	30	30,3	30	31,7	31,6	32,3	26,5	26,6	26,6
2	B7	38,4	38,4	38,5	27,1	32,1	32,1	26,7	33,5	33,6
3	B7	27,1	27,1	27,1	27	26,7	26,8	25,6	25,7	25,6
4	B7	32,4	32,2	32,3	26,6	26,5	26,5	25,7	25,6	25,7
5	B8	27,2	25,1	25,3	26,1	28	28,2	25,6	25,6	25,7
6	B8	25,6	25,9	25,5	26,3	26,1	26,1	25,8	25,7	25,6
7	B8	29,4	36	35,9	26,6	26,6	26,5	26	25,8	26
8	B8	41,6	41,3	41,2	31,7	32,2	31,9	32,3	32,3	32,1
9	B7	27,3	28,1	28,2	32,3	38,7	38,2	25,8	25,9	25,7
28 dias		Acompanhamento - ciclo 2								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B7	25	25,2	25	24,3	24,1	24,1	21,8	21,1	21,1
2	B7	30,2	30,2	30,2	22,6	22,6	22,6	21,8	22	22
3	B7	24	24	24,2	22,6	22,8	22,9	21,6	21,7	21,6
4	B7	33,6	33,2	33,1	23	22,6	22,6	21,8	21,6	21,8
5	B8	29,3	29,1	29	22,3	22,3	22,3	21,3	21,6	21,6
6	B8	23,6	23,4	23,4	21,9	21,8	21,8	21,3	21,2	21,4
7	B8	23,8	23,9	23,8	22,6	22,5	22,6	21,7	21,3	21,3
8	B8	39,1	39,1	39,1	23,2	23,2	23,2	21,8	21,8	22
9	B7	30	30	30	22,5	22,6	22,9	21,2	21,2	21,2
42 dias		Acompanhamento - ciclo 3								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B7	24,5	27,8	27,8	22,6	23,1	23,2	21,2	21,2	21,2
2	B7	27,3	27,2	27	22,1	22,1	22,1	20,7	20,7	20,7
3	B7	23,1	23,4	23,1	21,8	21,6	21,7	20,8	20,7	20,7
4	B7	30,4	30,1	30	21,8	22	22,1	20,7	20,8	20,8
5	B8	22,4	22,1	22,2	21,8	21,7	21,7	20,6	20,3	20,5
6	B8	23	22,7	22,5	21,3	21,3	21,3	20,2	20,4	20,8
7	B8	23,4	23,5	23,1	21,6	21,6	21,7	20,8	20,8	20,8
8	B8	36,7	36,8	36,6	22,6	22,3	22,5	21,2	21,6	21,7
9	B7	22,6	22,6	23	21,7	21,6	21,6	20,7	20,7	20,8
56 dias		Acompanhamento - ciclo 4								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B7	24	24,5	24,5	22,8	22,6	22,7	21,2	21,2	21,2
2	B7	23	23,4	23,4	22,1	22,2	22,1	21,2	21,2	21,2
3	B7	23,6	23,3	23,4	22,2	22,2	22,2	21,1	21,2	20,7
4	B7	23,8	24	23,9	21,8	21,8	21,7	20,8	20,7	20,7
5	B8	22,5	22,1	22,2	21,8	21,8	21,8	20,7	20,8	20,8
6	B8	22,1	22,2	22,2	21,1	21,1	20,9	20,3	20,3	20,3
7	B8	23,1	23,1	23,1	21,6	21,2	21,2	20,7	20,8	20,8
8	B8	31	31,1	31,7	22,6	22,6	22,6	21,3	21,3	21,2
9	B7	23	23	23,4	21,7	21,7	21,6	20,7	20,7	20,7

70 dias		Acompanhamento - ciclo 5								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B7	22,1	22,1	22,1	20,8	20,8	20,8	18,8	18,9	19,2
2	B7	25,1	25,1	25,2	19,8	19,8	19,8	18,8	18,8	18,8
3	B7	21,6	21,5	21,7	19,8	19,7	19,7	18,4	18,4	18,4
4	B7	21,7	21,3	21,2	19,8	19,8	19,8	18,7	18,8	18,8
5	B8	20,1	19,9	19,9	19,4	19,4	19,4	18,4	18,3	18,4
6	B8	20,6	20,6	20,6	19	18,9	18,9	18,3	18,3	18,3
7	B8	21	21,1	21,2	19,4	19,4	19,3	18,4	18,4	18,4
8	B8	28	27,9	27,9	19,8	19,8	19,8	18,8	18,8	18,8
9	B7	21,2	21,2	21,1	19,3	19,3	19,3	18,3	18,3	18,3
84 dias		Acompanhamento - ciclo 6								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B7	21,8	21,7	21,7	21,1	21,2	21,1	19,1	19	19,1
2	B7	21,5	21,4	21,2	20,3	20,3	20,3	18,9	18,8	18,9
3	B7	21,5	21,4	21,6	19,8	20	19,8	18,8	18,8	18,8
4	B7	21,8	21,7	21,7	19,8	20,2	20,2	18,8	18,9	18,8
5	B8	20,2	20,3	20,2	19,8	19,8	19,5	18,4	18,4	18,4
6	B8	20,3	20,3	20,3	19,3	19,3	18,9	18,4	18,4	18,4
7	B8	21,1	21	20,9	19,3	19,3	19,3	18,9	18,9	18,9
8	B8	25,3	25,5	25,3	20,1	19,9	20,3	18,9	18,9	18,9
9	B7	21,1	21,2	21,1	19,3	19,3	19,3	18,4	18,4	18,8
98 dias		Acompanhamento - ciclo 7								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B7	24	24,1	24	23	23	22,8	21,3	21,3	21,3
2	B7	23,3	23,3	23,4	22,2	22,2	22,2	20,9	21,2	21,2
3	B7	22,8	22,8	22,7	21,4	21,6	21,7	20,8	20,7	21
4	B7	23,7	23,7	23,8	21,9	21,8	21,8	21,4	20,9	20,9
5	B8	21,8	21,9	21,8	21,4	21,4	21,4	20,4	20,4	20,4
6	B8	22,3	22,3	22,3	20,9	20,9	20,9	20,4	20,4	20,3
7	B8	23,2	23,2	23,1	21,3	21,5	21,3	20,8	20,8	20,8
8	B8	27,3	27	27,3	22,3	22,3	22,3	21,3	21,3	21,3
9	B7	22,7	22,7	22,7	21,4	21,4	21,4	20,4	20,4	20,4
112 dias		Acompanhamento - ciclo 8								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B7	23,9	23,9	23,9	22,6	22,6	22,6	21	21,2	21,2
2	B7	23,5	23,5	23,5	22,2	22,2	22,2	21,6	21,6	21,6
3	B7	23,9	23,7	23,7	22,2	22,2	22,2	20,8	20,8	20,8
4	B7	23,7	23,7	23,7	22,3	22,1	22,2	21,2	21,2	21,2
5	B8	22,3	22,3	22,3	21,8	21,8	21,8	20,8	20,8	20,8
6	B8	22,2	22,3	22,3	21,3	21,3	21,3	20,7	20,8	20,8
7	B8	23,2	23,2	23,2	21,8	21,8	21,8	20,8	20,8	20,9
8	B8	30,8	30,8	30,8	22,4	22,7	22,9	21,4	21,8	21,8
9	B7	22,8	22,7	22,7	21,8	21,7	21,8	20,5	20,5	20,8

140 dias		Acompanhamento - ciclo 10								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B7	23,9	24	24	22,8	22,8	22,8	21,4	21,4	21,4
2	B7	23,4	23,4	23,4	22,3	22,3	22,4	21,1	21,1	21,4
3	B7	23,4	23,4	23,3	21,9	22	21,9	20,9	20,9	21
4	B7	23,6	23,6	23,7	22,1	22,1	22,1	21,3	21,2	21,3
5	B8	22,4	22,4	22,4	21,9	21,8	21,9	20,9	20,9	20,9
6	B8	22,4	22,5	22,5	21,4	21,4	21,4	20,9	20,9	20,9
7	B8	23,2	23	22,9	21,7	21,7	21,7	21,4	21,4	21,3
8	B8	24,3	24,4	24,4	22,5	22,4	22,6	21,5	21,4	21,4
9	B7	22,9	22,7	22,8	21,5	21,6	21,5	20,9	20,8	20,9
154 dias		Acompanhamento - ciclo 11 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B7	10,5	10,5	10,4	10,9	10,9	10,9	11,4	11,4	11,4
2	B7	10,8	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	11
3	B7	10,9	10,9	10,8	11,4	11,4	11,4	11,4	11,3	11,4
4	B7	10,4	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9	10,4	10,4	10,4
5	B8	10,5	10,4	10,9	10,9	10,9	10,9	10,4	10,4	10,4
6	B8	10,5	10,4	10,4	10,9	10,6	10,7	10,4	10,4	10,4
7	B8	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9
8	B8	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	11
9	B7	11,3	11,4	11,4	12,4	12,4	12,4	13,4	13,4	13,4
154 dias		Acompanhamento - ciclo 11								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B7	23,9	24	24,1	22,7	22,8	22,9	21,4	21,4	21,5
2	B7	23,1	23	23,1	22,3	22,2	22,2	21,3	21,1	21,2
3	B7	23,5	23,3	23,4	21,9	21,9	21,9	20,9	20,9	20,9
4	B7	23,8	23,9	24	22,2	22,3	22	21,3	21,3	21,1
5	B8	22,3	22,5	22,3	21,9	21,8	21,9	20,9	20,9	20,9
6	B8	22,2	22,4	22,3	21,3	21,4	21,4	20,9	20,9	20,9
7	B8	23	23,2	23,2	21,8	21,8	21,6	21,4	21,4	21,3
8	B8	24,4	24,4	24,3	22,5	22,5	22,4	21,4	21,4	21,4
9	B7	22,9	22,9	23	21,4	21,6	21,6	20,8	20,9	20,9
168 dias		Acompanhamento - ciclo 12 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B7	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,9	10,8	10,9
2	B7	10,3	9,9	9,9	10,5	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9
3	B7	10,4	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9
4	B7	10,4	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9
5	B8	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
6	B8	10,4	10,4	10,4	10,4	10,8	10,4	10,4	10,4	10,4
7	B8	9,9	9,9	9,9	10,4	10,3	10,4	10,4	10,4	10,4
8	B8	10,4	10,4	10,4	10,4	10,5	10,4	10,4	10,4	10,4
9	B7	10,9	10,9	10,9	11,9	11,9	11,9	13,1	13,4	13,4

168 dias		Acompanhamento - ciclo 12								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B7	23,4	23,4	23,69	22,4	22,3	22,4	20,9	20,9	20,9
2	B7	23,2	22,9	22,9	21,9	21,9	21,7	20,9	20,9	20,8
3	B7	23	22,9	22,9	21,8	21,8	21,8	20,9	20,8	20,9
4	B7	23,1	23	23,2	21,9	21,6	21,8	20,9	20,8	20,8
5	B8	21,9	22,1	21,9	21,7	21,5	21,4	20,9	20,8	20,4
6	B8	22,1	21,9	21,9	21,4	21,3	21,3	20,4	20,4	20,4
7	B8	22,8	22,9	22,7	21,4	21,4	21,3	20,7	20,8	20,9
8	B8	23,8	23,4	23,4	22,4	22	22	21,3	21,3	21,4
9	B7	22,5	22	22	21,1	21,2	21,3	20,5	20,4	20,4
182 dias		Acompanhamento - ciclo 13 - integro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B7	10,9	10,9	10,9	11	11,1	11	12	11,9	11,9
2	B7	10,9	10,9	10,9	11	10,9	11	11,5	11,5	11,5
3	B7	10,9	10,9	11	11,4	11,4	11,4	11,4	11,3	11,4
4	B7	10,8	10,8	10,8	11	10,9	10,9	10,9	10,9	10,8
5	B8	10,8	10,8	10,9	10,9	10,9	10,9	10,8	10,7	10,7
6	B8	10,8	10,8	10,9	11,4	11,4	11,4	10,8	10,8	10,8
7	B8	10,4	10,4	10,4	10,8	10,9	10,9	11,3	11,3	11,3
8	B8	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	11,4	11,3	11,4
9	B7	11,4	11,4	11,4	12,3	12,4	12,4	13,3	13,4	13,5
182 dias		Acompanhamento - ciclo 13								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B7	24,4	24,3	24,3	22,9	22,9	23	21,6	21,5	21,6
2	B7	23,5	23,5	23,5	22,4	22,5	22,5	21,6	21,5	21,6
3	B7	23,5	23,5	23,6	22,2	22,3	22,2	21,2	21,3	21,4
4	B7	23,8	23,9	23,9	22,3	22,4	22,4	21,4	21,4	21,5
5	B8	22,3	22,4	22,4	22	22,1	22,1	20,9	21	21
6	B8	22,5	22,5	22,5	21,7	21,8	21,8	21	21	21
7	B8	23,2	23,3	23,4	21,9	21,9	21,9	21,5	21,4	21,4
8	B8	24,1	24,2	24	22,9	22,9	22,9	21,8	21,9	21,9
9	B7	22,8	22,9	23	21,9	21,9	21,9	21	21	20,9

Cimento CPIV – Idade de abertura de fissuras aos 28 dias

VELOCIDADE DE PULSO ULTRASSÔNICO - PRISMAS MENORES										
ABERTURA DE FISSURAS AOS 28 DIAS										
CPIV - 0,30										
Pré-fissuração										
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B2	20,9	21,1	21,4	20,4	20,6	20,9	20,9	21	21,1
2	B3	21	27,9	21,7	20,8	21,1	21	20,9	21	21,2
3	B2	21,6	21,3	21,9	21	21	21,1	21	21,1	21,2
4	B3	21	21	21,3	20,5	20,6	20,7	20,6	20,9	21
5	B2	20,6	21	21,4	20,9	21	22	20,9	21	21
6	B3	20,5	20,9	21,1	20,6	20,9	20,9	21,3	21,5	21,1
7	B2	20,6	20,7	20,8	20	20,4	20,5	20,9	21,1	21
8	B3	21,4	21,5	21,9	21,3	21,4	21,5	21	21,3	21,5
9	B2	20,8	21	21,3	20,4	20,5	20,5	20,6	20,9	21

Pós-fissuração										
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B2	34,3	34,3	34,3	31,4	31,4	31,3	24	24	29,4
2	B3	32,4	32,5	32,5	32,7	32,3	22,4	22,9	23,5	29,1
3	B2	23,1	23,1	23,1	24,1	24,2	24,4	24,7	25	25
4	B3	26	33,5	25,4	32,9	27,1	27,2	23,4	24	24
5	B2	DESCARTADA POR QUEBRA								
6	B3	23,5	26	22,9	23	26,6	22,8	23	22,9	25,2
7	B2	22,8	23	23,4	21,9	21,6	25,3	23,8	23,6	23,9
8	B3	38,3	38,2	38,1	27,4	27,6	27,6	24,1	24,4	24,5
9	B2	22,7	24,4	23,5	21,8	22,8	21,9	22,8	21,8	21,9
14 dias										
Acompanhamento - ciclo 1										
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B2	36,6	36,5	36,6	30,4	30,3	30	22,5	22,5	22,4
2	B3	28,6	27,9	28,5	21,1	21	21,1	21,3	21,2	21,2
3	B2	21,7	21,7	21,4	21,7	21,6	21,6	22,4	22,3	22,3
4	B3	28,6	28,5	28,4	21,6	21,6	21,6	20,8	20,7	20,7
5	B2	DESCARTADA POR QUEBRA								
6	B3	21,2	21,1	21,1	21,6	21,5	21,1	21,4	21,5	21,3
7	B2	21,2	21,2	21,2	20,6	20,6	20,6	21,1	21	20,9
8	B3	34,9	35	35	22	22,1	22	22,1	22,2	22,1
9	B2	21,6	21,5	21,6	20,2	20,2	20,3	20,8	20,8	20,8
28 dias										
Acompanhamento - ciclo 2										
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B2	26,8	27,3	26,7	22	22,2	21,7	21,4	21,3	21,3
2	B3	21,3	21,5	21,5	21,3	21,3	21,3	21,8	21,5	21,8
3	B2	22,3	22,3	22,3	21,3	21,3	21,3	20,4	20,4	20,4
4	B3	25,5	25,5	25,5	20,8	20,8	20,8	20,8	20,9	21
5	B2	DESCARTADA POR QUEBRA								
6	B3	20,8	20,8	20,8	20,3	20,3	20,3	21,2	21,2	21,2
7	B2	22,5	23,3	22,8	21,8	21,8	21,8	21,3	21,3	21,3
8	B3	22,5	23,3	22,8	21,8	21,8	21,8	21,3	21,3	21,3
9	B2	21,7	21,7	21,3	20,7	20,4	20,3	20,3	20,4	20,4
42 dias										
Acompanhamento - ciclo 3										
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B2	26,8	27,3	26,7	22	22,2	21,7	21,4	21,3	21,3
2	B3	21,3	21,5	21,5	21,3	21,3	21,3	21,8	21,5	21,8
3	B2	22,3	22,3	22,3	21,3	21,3	21,3	20,4	20,4	20,4
4	B3	25,5	25,5	25,5	20,8	20,8	20,8	20,8	20,9	21
5	B2	DESCARTADA POR QUEBRA								
6	B3	20,8	20,8	20,8	20,3	20,3	20,3	21,2	21,2	21,2
7	B2	22,5	23,3	22,8	21,8	21,8	21,8	21,3	21,3	21,3
8	B3	22,5	23,3	22,8	21,8	21,8	21,8	21,3	21,3	21,3
9	B2	21,7	21,7	21,3	20,7	20,4	20,3	20,3	20,4	20,4

56 dias		Acompanhamento - ciclo 4								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B2	24,1	24,1	24	22,7	22,8	22,5	19,4	19,3	19,4
2	B3	22,9	22,9	22,9	18,8	18,8	18,8	18,7	18,4	18,4
3	B2	18,9	18,9	18,9	19,3	18,8	18,8	19,3	19,3	19,3
4	B3	20,2	20,3	20,4	19,3	19,6	19,7	18,8	18,8	18,8
5	B2	DESCARTADA POR QUEBRA								
6	B3	19	18,8	18,8	19,3	19,2	19,3	19,3	19,4	19,6
7	B2	18,8	18,4	18,4	18,6	18,6	18,6	19,5	19,5	19,4
8	B3	24,3	24,3	24,3	20,6	20,6	20,6	19,7	19,3	19,4
9	B2	19,3	19,4	19,3	18,3	18,3	18,3	18,4	18,4	18,4
70 dias		Acompanhamento - ciclo 5								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B2	27,8	27,6	27,5	22,7	22,6	22,7	21,8	21,8	21,8
2	B3	26,1	26	26	21,4	21,3	21,3	21,3	21,2	21,1
3	B2	21,8	21,8	21,8	21,6	21,7	21,5	21,9	21,9	21,9
4	B3	22,8	22,8	22,8	21,8	21,8	21,8	20,8	20,9	20,8
5	B2	DESCARTADA POR QUEBRA								
6	B3	21,3	21,3	21,3	21,3	21,4	21,3	21,8	21,8	21,8
7	B2	21,3	21,3	21,3	20,8	20,8	20,8	21,4	21,6	21,6
8	B3	27,2	27,2	27,2	22,9	23,4	23,1	21,7	21,8	21,7
9	B2	21,7	21,8	21,6	20,4	20,4	20,4	20,9	20,8	20,8
84 dias		Acompanhamento - ciclo 6								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B2	27,2	27	27,3	22,6	22,3	22,3	22,3	22,3	22,3
2	B3	26,2	26	26	21,5	21,6	21,5	21,3	21,3	21,3
3	B2	22,3	22,2	22,2	21,8	21,8	21,8	22,3	22,3	22,3
4	B3	22,9	22,8	22,8	21,8	21,8	21,8	21	21,3	21,3
5	B2	DESCARTADA POR QUEBRA								
6	B3	21,2	21,3	21,3	21,3	21,3	21,3	21,6	21,6	21,7
7	B2	21,3	21,3	21,3	20,9	20,8	20,9	21,8	21,7	21,7
8	B3	32,7	31,9	32,6	22,6	22,7	22,7	21,8	21,8	21,8
9	B2	22,2	22,2	22,2	20,8	20,8	20,8	20,9	20,9	20,9
91 dias		Acompanhamento - ciclo 6,5								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B2	22,5	22,5	22,6	21,3	21,4	21,3	21,3	21,4	21,4
2	B3	25,7	25,8	25,9	20,8	20,8	20,8	20,8	20,8	20,8
3	B2	21,4	21,3	21,3	21,3	21,3	21,3	21,4	21,4	21,3
4	B3	22,2	22,2	22,2	20,9	20,9	21,1	20,4	20,4	20,4
5	B2	DESCARTADA POR QUEBRA								
6	B3	20,8	20,8	20,8	20,8	20,8	20,8	20,9	20,9	20,9
7	B2	20,4	20,4	20,4	20,3	20,3	20,2	20,8	20,7	20,9
8	B3	26,9	26,9	26,8	21,8	21,8	21,8	21,4	21,3	21,5
9	B2	21,4	21,3	21,3	20,3	20,1	20,3	20,4	20,4	20,4

112 dias		Acompanhamento - semana 8								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B2	28,1	28,2	27,9	22,4	22,7	22,6	22,2	22,5	22,4
2	B3	22,9	22,8	22,9	21,5	21,4	21,5	21,3	21,4	21,4
3	B2	21,8	21,8	21,8	21,3	21,4	21,4	21,9	21,9	21,9
4	B3	22,4	22,4	22,3	21,4	21,4	21,5	20,9	20,9	20,9
5	B2	DESCARTADA POR QUEBRA								
6	B3	21,2	21,2	21,2	21,4	21,4	21,4	21,5	21,5	21,5
7	B2	20,9	20,9	20,9	20,5	20,5	20,6	21,3	21,2	21,4
8	B3	23,8	23,8	23,9	22	22	22,1	21,8	21,7	21,9
9	B2	21,5	21,5	21,4	20,8	20,9	20,9	20,4	20,4	20,4
126 dias		Acompanhamento - ciclo 9 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B2	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
2	B3	10,4	10,5	10,5	10,3	10,4	10,4	9,9	10,3	10,4
3	B2	10,4	10,4	10,2	9,9	9,9	10,3	10,4	10,4	10,4
4	B3	10,4	10,4	10,1	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
5	B2	DESCARTADA POR QUEBRA								
6	B3	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,4	10,4	10,4
7	B2	10,9	10,9	10,5	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
8	B3	10,4	10,3	10,5	10,5	10,4	10,3	10,4	10,4	10,4
9	B2	10,4	10,4	10,5	10,4	10,4	10,5	10,4	10,4	10,4
126 dias		Acompanhamento - semana 9								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B2	28,3	27,7	27,6	22,3	22,3	22,2	22	21,9	21,8
2	B3	22,8	22,9	22,9	21,1	21,2	21,3	21,2	21,3	21,3
3	B2	21,9	22	21,8	21,4	21,5	21,4	21,9	21,9	21,9
4	B3	22,4	22,4	22,4	21,4	21,5	21,5	20,9	20,9	20,9
5	B2	DESCARTADA POR QUEBRA								
6	B3	21,3	21,3	21,3	21,4	21,4	21,5	21,5	21,8	21,7
7	B2	20,9	20,9	20,9	21,1	21,4	21,4	21,5	21,5	21,5
8	B3	25,5	26,3	26,1	22,5	22,4	22,4	21,9	21,9	21,9
9	B2	21,6	21,6	21,6	21,1	20,9	20,9	20,7	20,8	20,8
140 dias		Acompanhamento - ciclo 10 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B2	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
2	B3	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
3	B2	10,4	10,4	10,4	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4
4	B3	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
5	B2	DESCARTADA POR QUEBRA								
6	B3	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,4	10,4	10,4
7	B2	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
8	B3	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
9	B2	9,9	10,3	10,3	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,9

140 dias		Acompanhamento - semana 10								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B2	27,7	27,7	27,7	22,3	22,1	22	22	21,9	22
2	B3	22,8	22,7	22,8	21,1	21,2	21,1	21,3	21,3	21,3
3	B2	21,7	21,8	21,8	21,4	21,4	21,4	21,9	21,9	22
4	B3	22,5	22,4	22,4	21,3	21,5	21,4	20,9	20,9	20,9
5	B2	DESCARTADA POR QUEBRA								
6	B3	21,4	21,4	21,4	21,4	21,2	21,4	21,6	21,5	21,5
7	B2	20,9	20,9	20,9	21	21	20,9	21,1	21,1	21,2
8	B3	26,6	26,6	26,7	22,5	22,6	22,5	21,9	21,8	21,9
9	B2	21,5	21,5	21,5	20,5	20,5	20,4	20,9	20,9	20,9
154 dias		Acompanhamento - ciclo 11 - íntegro								
	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B2	10,4	10,4	10,4	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4
2	B3	10,3	9,9	10,3	10,4	10,4	10,4	9,9	9,9	9,9
3	B2	10,4	10,4	10,4	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4
4	B3	10,3	10,4	9,9	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
5	B2	DESCARTADA POR QUEBRA								
6	B3	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,4	10,4	10,5
7	B2	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
8	B3	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	9,9	9,9	9,9
9	B2	10,2	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
154 dias		Acompanhamento - semana 11								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B2	23,7	23,3	23,5	22,2	22,4	22,4	22	21,9	22
2	B3	22,9	22,8	22,9	21	21	21,1	21,3	21,3	21,3
3	B2	21,8	21,8	21,8	21,6	21,7	21,4	22	22	22,1
4	B3	22,6	22,5	22,7	21,5	21,5	21,5	20,9	20,9	20,9
5	B2	DESCARTADA POR QUEBRA								
6	B3	21,4	21,3	21,3	21,3	21,4	21,4	21,7	21,5	21,7
7	B2	20,9	20,9	20,9	20,7	20,6	20,5	21,4	21,2	21,3
8	B3	27,5	27,1	27,5	22,5	22,5	22,5	21,9	21,9	21,9
9	B2	21,8	21,7	21,7	20,4	20,8	20,5	20,8	20,8	20,8

VELOCIDADE DE PULSO ULTRASSÔNICO - PRISMAS MENORES										
ABERTURA DE FISSURAS AOS 28 DIAS										
CPIV - 0,40										
Pré-fissuração										
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	22,9	23	23,2	22,4	22,5	22,6	21,7	22	21,5
2	B5	21,4	21,9	21,7	21,4	21,5	21,8	22,1	22,4	22,5
3	B4	22,8	23	23,2	22,4	22,6	22,8	22,5	23,1	23,3
4	B5	22,9	23	23,4	23	22,5	22,6	22,6	22,7	22,9
5	B4	23,1	23,3	23,5	22,6	23	23,1	21,9	22,2	21,9
6	B5	22,8	23,1	23,4	23	23,5	23,5	23,14	23,6	24
7	B4	23,9	24	24	22,1	22,5	22,6	22,4	22,7	22,9
8	B5	23,8	25,8	23,4	23,4	23,5	23,5	24,2	24,3	26,5
9	B4	23,1	23,4	23,5	22	22,3	22,6	22,1	22,4	28,4

Pós-fissuração										
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	27,8	27,7	27,8	32,9	27	27	22,5	23	32,9
2	B5	22,5	22,5	22,5	22,9	23,3	25,9	34,4	34	33,9
3	B4	30,2	41,4	34,9	33,8	33,8	33,6	24	23,8	23,8
4	B5	38,3	40,9	40,5	33,1	32,9	32,8	24,2	24,4	24,5
5	B4	47,2	32,3	47,4	28,1	34,5	34,4	24,4	24,5	27,3
6	B5	25	24,9	25,3	25,8	28,8	28,7	33,5	33,3	38,8
7	B4	37,9	37,6	37,7	34,6	34,4	34,6	27,8	27,7	27,7
8	B5	33,8	33,9	33,6	34,9	35,2	35,4	36,8	36,5	36
9	B4	45,3	45,3	45,5	42,5	32,4	43	28,3	28,6	28,2
#VALOR!	Acompanhamento - ciclo 1									
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	29,3	36,7	36,5	22,4	22,5	22,3	20,8	20,6	20,7
2	B5	20,8	20,8	20,8	21,2	21,1	21,2	22,1	22	22
3	B4	36,2	30,3	32,8	32,3	32	32,1	22,6	22,5	25,9
4	B5	24,4	23,9	24,4	23,2	23,4	23,9	22,2	22,1	22,2
5	B4	30,2	30,3	30	23	23,4	23,4	21,9	21,8	22
6	B5	22,2	22,2	22,3	23,1	23,1	23,2	34,5	34,6	34,6
7	B4	24	24	23,8	22,2	22,2	21,8	22,1	22,1	22,1
8	B5	23,1	23	23,1	23,6	23,8	23,6	29,8	27,3	29,5
9	B4	35,5	35,4	35,5	23,4	23,4	23,4	21,7	21,6	21,7
28 dias	Acompanhamento - ciclo 2									
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	23	23	23,1	22,7	22,7	22,7	20,8	20,8	20,8
2	B5	20,8	20,5	20,8	21,3	21,2	21,3	22,4	22,2	22,2
3	B4	32,9	32,9	32,9	22,7	22,4	22,6	21,4	21,4	21,5
4	B5	23,8	23,7	23,6	23,4	23,3	23,2	22	21,8	21,9
5	B4	22,4	22,4	22,3	23,2	22,8	22,8	24,6	24,6	24,6
6	B5	23,1	23,2	23,2	22,7	23,1	22,8	21,3	21,3	21,3
7	B4	23,8	23,8	23,7	22,2	22,2	22,2	21,8	21,8	21,8
8	B5	23,3	23,3	22,9	23,3	23,3	23,3	24,2	24,2	24,2
9	B4	27,4	27,3	27,4	23,1	23,1	23	21,3	21,3	21,3
42 dias	Acompanhamento - ciclo 3									
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	23	23	23,1	22,7	22,7	22,7	20,8	20,8	20,8
2	B5	20,8	20,5	20,8	21,3	21,2	21,3	22,4	22,2	22,2
3	B4	32,9	32,9	32,9	22,7	22,4	22,6	21,4	21,4	21,5
4	B5	23,8	23,7	23,6	23,4	23,3	23,2	22	21,8	21,9
5	B4	22,4	22,4	22,3	23,2	22,8	22,8	24,6	24,6	24,6
6	B5	23,1	23,2	23,2	22,7	23,1	22,8	21,3	21,3	21,3
7	B4	23,8	23,8	23,7	22,2	22,2	22,2	21,8	21,8	21,8
8	B5	23,3	23,3	22,9	23,3	23,3	23,3	24,2	24,2	24,2
9	B4	27,4	27,3	27,4	23,1	23,1	23	21,3	21,3	21,3

56 dias		Acompanhamento - ciclo 4								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	23,5	23,6	23,3	20,1	20,1	20,1	18,3	18,3	18,3
2	B5	18,8	18,8	18,8	18,9	18,9	18,9	20,1	20,1	20,1
3	B4	26,6	26,6	26,6	20,6	20,6	20,5	19,3	19,3	19,3
4	B5	21,5	21,5	21,5	20,8	20,7	20,7	19,8	19,8	19,8
5	B4	21	20,9	20,9	20,6	20,6	20,6	18,8	18,8	18,8
6	B5	19,9	19,9	19,9	20,7	20,7	20,7	22,2	22,2	22,1
7	B4	21,7	21,7	21,7	20	19,8	19,8	19,7	19,8	19,8
8	B5	20,8	20,8	20,8	21,8	21,2	21,2	24,3	24,4	24,4
9	B4	25	25	25	21,1	21,1	21,1	19,3	19,3	19,3
70 dias		Acompanhamento - ciclo 5								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	23,6	23,5	23,5	23,1	23	23,1	21,3	21,3	21,3
2	B5	20,9	20,9	20,9	21,4	21,3	21,4	22,3	22,2	22,2
3	B4	26,5	26,5	26,5	22,7	22,7	22,7	21,8	21,7	21,7
4	B5	24,2	24,1	24,1	23,3	23,3	23,3	22,3	22,4	22,3
5	B4	23,7	23,7	23,6	23,2	23,2	23,2	21,8	21,7	21,3
6	B5	22,5	22,7	22,8	23,7	23,3	23,3	24,6	24,6	24,6
7	B4	24,2	24,2	24,1	22,3	22,3	22,3	21,8	21,8	21,8
8	B5	23,1	23	22,9	23,6	23,8	23,4	24,3	24,4	24,5
9	B4	28,3	28,3	28,3	23,3	23,3	23,2	21,5	21,4	21,4
84 dias		Acompanhamento - ciclo 6								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	23,7	23,7	23,7	23,2	23,2	23,2	21,2	21,2	21,2
2	B5	21,2	21,2	21,3	21,8	21,8	21,8	22,6	22,7	22,7
3	B4	37,5	37,7	37,7	23,1	23,2	23,2	21,8	21,8	21,8
4	B5	24,2	24,1	24,1	23,2	23,3	23,2	22,3	22,3	22,5
5	B4	24,1	24,2	24,2	23,2	23,3	23,4	21,8	21,8	21,8
6	B5	22,5	22,8	22,8	23,3	23,7	23,7	24,2	24,2	24,3
7	B4	24,3	24,2	24,2	22,7	22,7	22,7	22	22,1	22,2
8	B5	23,1	23,3	23,3	23,8	23,9	23,9	30,4	30,4	30,4
9	B4	31,2	31,2	31,2	23,9	23,8	23,9	21,8	21,8	21,8
98 dias		Acompanhamento - ciclo 7								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	20,8	20,7	20,7	22,6	22,7	22,6	20,8	20,8	20,8
2	B5	20,4	20,4	20,6	21,3	21,2	21,3	21,9	21,8	21,8
3	B4	30,5	30,9	30,9	22,7	22,7	22,6	21,3	21,8	21,7
4	B5	23,2	23,2	23,2	22,8	22,7	22,8	21,8	21,8	21,9
5	B4	23,1	23,1	23,1	22,4	22,3	22,4	20,9	20,9	20,9
6	B5	21,8	21,9	21,9	22,9	22,8	22,8	24,2	24,3	24,2
7	B4	23,7	23,7	23,7	21,8	21,8	21,8	21,4	21,4	21,3
8	B5	22,6	22,4	22,4	23,4	23,3	23,4	24,2	24,2	24,2
9	B4	24	23,9	24	23,3	23,2	23,2	21,3	21,3	21,3

112 dias		Acompanhamento - semana 8								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	23,3	23,2	23,2	22,9	22,9	23	20,9	20,9	20,9
2	B5	20,9	20,9	20,9	21,5	21,5	21,5	22,3	22,3	22,4
3	B4	25,6	25,6	25,5	21,8	21,7	21,7	21,9	21,9	21,8
4	B5	24	24	24	23	23	22,9	22,4	22,5	22,4
5	B4	23,6	23,6	23,3	23,2	22,9	21,5	21,4	21,4	21,5
6	B5	22,8	22,8	22,8	23,7	23,4	23,5	24,7	24,6	24,7
7	B4	24	23,9	24	22,3	22,5	22,2	21,9	21,9	21,9
8	B5	24,4	24,6	24,4	24,2	24,2	23,9	22,9	22,9	22,8
9	B4	24,2	24	24,1	23,3	23,6	23,5	22	21,9	22
126 dias		Acompanhamento - ciclo 9 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	10,4	10,4	10,4	10,9	10,9	10,8	10,9	10,9	10,9
2	B5	10,8	10,8	10,9	10,6	10,9	10,9	10,4	10,4	10,4
3	B4	9,9	9,9	10	10,4	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9
4	B5	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,5	10,4	10,4	10,4
5	B4	10,4	10,5	10,7	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9
6	B5	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
7	B4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,6	10,4	10,9	10,9	10,9
8	B5	10,5	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9	10,4	10,5	10,6
9	B4	10,4	10,4	10,5	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
126 dias		Acompanhamento - semana 9								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	23,2	23,4	23,3	22,9	22,8	22,9	20,9	20,9	20,9
2	B5	20,9	20,9	20,8	21,4	21,4	21,5	22,4	22,4	22,4
3	B4	25,2	25,3	25,4	22,5	22,5	22,5	21,8	21,8	21,8
4	B5	23,8	23,9	23,9	23,2	23,1	23,1	22,4	22,3	22,2
5	B4	23,4	23,3	23,4	22,9	22,8	22,8	21,3	21,4	21,5
6	B5	22,8	22,4	22,4	23,4	23	22,9	24,7	24,7	24,9
7	B4	23,9	24	23,9	22,3	22,4	22,4	21,5	21,5	21,6
8	B5	22,9	23,2	23,3	23,9	23,9	23,7	24,4	24,5	24,3
9	B4	24	24	24	23,3	23,3	23,5	21,9	21,9	21,8
140 dias		Acompanhamento - ciclo 10 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9
2	B5	10,4	10,4	10,4	10,9	10,5	10,4	10,4	10,4	10,4
3	B4	10	10,4	9,9	10,4	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9
4	B5	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
5	B4	10,4	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9
6	B5	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
7	B4	9,9	10,4	10,4	10,4	10,5	10,4	10,9	10,9	10,9
8	B5	10,4	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9	10,4	10,4	10,4
9	B4	10,4	10,4	10,4	10,8	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9

140 dias		Acompanhamento - semana 10								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	23,1	23,2	23,1	22,9	22,8	22,9	20,9	20,9	21,1
2	B5	20,9	20,9	20,9	21,4	21,4	21,4	22,6	22,4	22,4
3	B4	26,3	26,3	26,1	22,6	22,7	22,7	21,7	21,8	21,8
4	B5	23,6	23,7	23,7	22,9	22,9	22,9	22,1	22,1	22,1
5	B4	23,5	23,4	23,4	22,9	22,9	22,9	21,4	21,5	21,5
6	B5	22,4	22,4	22,4	23	22,8	23	24,6	24,8	24,6
7	B4	23,8	23,9	23,8	22,3	22,4	22,4	21,8	21,8	21,6
8	B5	22,9	22,9	22,9	23,7	23,6	23,6	23,4	23,7	23,8
9	B4	23,9	23,9	23,9	23,5	23,4	23,4	21,6	21,8	21,8
154 dias		Acompanhamento - ciclo 11 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9
2	B5	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
3	B4	10,9	10,9	10,9	10,8	10,8	10,9	10,4	10,4	10,5
4	B5	10,4	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9
5	B4	10,4	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9
6	B5	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
7	B4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
8	B5	10,4	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9	10,4	10,4	10,4
9	B4	10,4	10,4	10,3	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
154 dias		Acompanhamento - ciclo 11								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	23,3	23,3	23,4	22,9	22,8	22,8	20,9	20,9	21
2	B5	20,8	20,9	20,9	21,5	21,5	21,4	22,5	22,4	22,5
3	B4	25,8	25,9	25,9	22,8	22,9	22,9	21,8	21,9	21,8
4	B5	23,8	23,9	23,9	22,9	23	23	22,3	22,3	22,2
5	B4	23,5	23,7	23,8	22,8	22,9	22,9	21,4	21,4	21,4
6	B5	22,3	22,3	22,3	23,1	23	23,1	24,5	24,5	24,4
7	B4	23,9	23,8	23,9	22,5	22,6	22,8	21,6	21,6	21,6
8	B5	22,9	22,9	22,9	23,2	23,4	23,5	23,8	23,8	23,7
9	B4	24,3	23,8	24,1	23,6	23,7	23,6	21,8	21,8	21,7

VELOCIDADE DE PULSO ULTRASSÔNICO - PRISMAS MENORES										
ABERTURA DE FISSURAS AOS 28 DIAS										
CPIV - 0,50										
Pré-fissuração										
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B8	23,5	23,5	23,9	22,2	22,4	22,5	22	22,4	22,4
2	B7	24,3	24,3	28,1	24,2	24,3	24	22,9	22,9	23
3	B8	23,7	24	24,4	23	23	23,2	22,1	22,3	22,3
4	B7	25	25,2	25,5	23,5	24	24,4	22,6	22,8	29,4
5	B8	22,9	23	23,4	23,6	24	24,1	24,4	24,5	25
6	B7	24	24	24	23,5	23,9	23,9	22,5	22,7	22,9
7	B8	23,6	23,9	24,2	22,8	23,3	23,5	21,8	22	22,2
8	B7	23,5	23,9	24,1	21,9	22,5	28,4	21,5	21,5	21,9
9	B8	23,4	23,8	23,1	23,1	23,4	23,5	22	22	22,1

Pós-fissuração										
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B8	30,5	30,5	33,3	25,4	25,3	25,4	24,9	24,5	24,9
2	B7	33,8	30,4	30,5	40,3	40	40	24,5	24,4	24,5
3	B8	46,1	46,1	46,1	25,1	25,4	25,2	23,6	23,5	23,7
4	B7	34,1	34	34	26	29	29,4	24	24,4	24,5
5	B8	23,4	23,6	23,8	29,4	29,7	29,5	38,6	38,4	38,2
6	B7	32,8	32,9	33,1	25	25	25	23,4	23,5	23,8
7	B8	31,4	31,4	31,4	25,5	25,8	26,2	23,5	23,3	23,1
8	B7	34,4	34,3	34,5	23,4	24	24	22,5	22,6	22,9
9	B8	29,8	29,9	29,3	25,2	25,4	25,3	23,3	23,5	23,5
14 dias		Acompanhamento - ciclo 1								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B8	29,2	29	29	22,2	22,2	22,2	21,2	21,3	21,3
2	B7	24	24	24	22,9	22,6	22,6	21,3	21,7	21,7
3	B8	23,4	23,9	23,2	22,9	22,5	22,7	21,9	22,1	22,1
4	B7	28,5	28,01	28,1	23,5	23,1	23,4	22,2	22,1	22,1
5	B8	21,7	21,7	21,7	23	23,1	23,2	23,9	23,8	23,6
6	B7	30,9	30,6	30,5	22,6	22,5	22,3	21,4	21,6	21,6
7	B8	30,6	30,8	30,5	23,6	23,9	23	21,5	21,6	21,5
8	B7	22,9	22,9	22,8	21,6	21,6	21,6	20,7	20,7	21,1
9	B8	29,3	34,1	29,1	22,9	22,9	22,6	21,51	21,2	21,2
28 dias		Acompanhamento - ciclo 2								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B8	22,6	22,7	22,9	21,8	21,8	21,7	20,8	20,8	20,8
2	B7	23,8	23,7	23,7	22,8	22,8	22,8	20,9	20,9	20,9
3	B8	23,5	23,4	23,4	22,3	22,3	22,3	21,3	21,3	21,3
4	B7	24,6	24,5	24,5	23	23,2	22,8	21,8	21,8	21,8
5	B8	21,8	21,3	21,3	22,8	22,8	22,8	23,3	23,3	23,4
6	B7	23,7	23,6	23,7	22,5	22,4	22,2	21,3	21,2	21,3
7	B8	23	23,2	23,2	22,8	22,7	22,7	20,9	20,9	20,9
8	B7	29,6	29,5	29,8	21,3	21,3	21,3	20,8	20,8	20,4
9	B8	22,4	22,4	22,5	22,3	22,3	22,3	21,3	21,3	21,3
42 dias		Acompanhamento - ciclo 3								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B8	22,6	22,7	22,9	21,8	21,8	21,7	20,8	20,8	20,8
2	B7	23,8	23,7	23,7	22,8	22,8	22,8	20,9	20,9	20,9
3	B8	23,5	23,4	23,4	22,3	22,3	22,3	21,3	21,3	21,3
4	B7	24,6	24,5	24,5	23	23,2	22,8	21,8	21,8	21,8
5	B8	21,8	21,3	21,3	22,8	22,8	22,8	23,3	23,3	23,4
6	B7	23,7	23,6	23,7	22,5	22,4	22,2	21,3	21,2	21,3
7	B8	23	23,2	23,2	22,8	22,7	22,7	20,9	20,9	20,9
8	B7	29,6	29,5	29,8	21,3	21,3	21,3	20,8	20,8	20,4
9	B8	22,4	22,4	22,5	22,3	22,3	22,3	21,3	21,3	21,3

56 dias		Acompanhamento - ciclo 4								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B8	20,2	20,5	20,5	19,4	19,4	19,4	18,5	18,4	18,4
2	B7	21,4	21,4	21,5	21,1	20,8	20,8	18,9	18,9	18,9
3	B8	24,1	24	23,9	20,3	20,2	20,2	19	18,9	18,9
4	B7	25,9	25,8	25,8	21,2	21,2	21,2	19,7	19,8	19,8
5	B8	18,9	18,9	18,9	21,2	21,1	21,1	24	23,9	23,8
6	B7	21,1	21,2	21,2	20,2	20,2	20,2	18,4	18,4	18,4
7	B8	21,4	21,3	21,2	20,5	20,5	20,6	18,8	18,8	18,8
8	B7	21	21	21	19,3	19,3	19,3	18,7	18,5	18,4
9	B8	20	20	20	20,6	20,3	20,3	18,9	18,8	18,8
70 dias		Acompanhamento - ciclo 5								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B8	23,2	23,3	23,1	21,9	21,8	21,8	21,3	21,3	21,3
2	B7	24,1	23,8	23,8	22,8	22,9	22,9	21,3	21,3	21,4
3	B8	27,4	27,5	27,4	22,8	22,8	22,7	21,8	21,7	21,7
4	B7	24,6	24,6	24,6	23,3	23,3	23,3	21,8	21,9	21,8
5	B8	21,4	21,5	21,8	22,9	22,9	22,9	24	23,7	23,7
6	B7	24,1	24	24	22,7	22,7	22,7	21,3	21,3	21,3
7	B8	23,7	23,7	23,3	22,8	22,8	22,8	21,3	21,3	21,3
8	B7	23,2	23,3	23,4	21,5	21,5	21,6	20,8	20,8	20,8
9	B8	22,7	22,6	22,8	22,7	22,7	22,7	21,3	21,3	21,3
84 dias		Acompanhamento - ciclo 6								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B8	23,2	23,2	23,4	22,3	22,3	22,3	21,3	21,3	21,3
2	B7	24,2	24,1	24,1	22,7	22,7	22,7	21,8	21,7	21,7
3	B8	26,7	26,7	26,7	22,7	22,7	22,7	21,5	21,5	21,4
4	B7	28,6	28,8	31,9	23,7	23,7	23,7	22	22,1	22
5	B8	21,8	21,8	21,8	23,2	23,2	23,2	24,4	24,3	24,4
6	B7	24,2	24,2	24,1	22,7	22,7	22,7	21,3	21,4	21,7
7	B8	23,7	23,7	23,7	23,1	23,4	23,3	21,3	21,3	21,4
8	B7	23,6	23,6	23,6	21,8	21,8	21,8	20,9	21	20,9
9	B8	22,7	22,7	22,8	22,8	22,8	22,8	21,3	21,3	21,3
98 dias		Acompanhamento - ciclo 7								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B8	22,8	22,4	22,3	21,4	21,4	21,3	20,8	20,8	20,7
2	B7	23,8	23,6	23,7	22,8	22,8	22,8	20,9	20,9	20,9
3	B8	22,9	22,9	22,7	22,1	22,2	22,3	21,1	21,3	21,3
4	B7	24,4	24,4	24,1	22,8	23	23	21,3	21,4	21,4
5	B8	20,9	20,9	20,9	22,7	22,7	22,8	23,6	23,6	23,6
6	B7	23,3	23,2	23,2	22,2	22,3	22,3	20,8	20,8	20,8
7	B8	23,2	23,3	23,3	22,2	22,3	22,3	20,8	20,8	20,8
8	B7	22,6	22,6	22,6	20,9	20,9	20,9	20,3	20,3	20,4
9	B8	22,1	22,3	22,1	21,9	22	21,8	20,8	20,8	20,8

112 dias		Acompanhamento - ciclo 8								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B8	22,8	22,7	22,9	21,9	21,9	21,9	21,3	21,3	21,3
2	B7	24	23,9	23,9	22,9	22,9	22,9	21,4	21,4	21,4
3	B8	23,2	23,3	23,3	22,3	22,4	22,4	21,7	21,7	21,8
4	B7	24,6	24,9	24,9	23,2	23	23,1	22	21,9	22
5	B8	21,6	21,6	21,7	22,9	22,8	22,9	24,2	24	24,1
6	B7	23,5	23,7	23,6	22,5	22,4	22,3	21,4	21,4	21,4
7	B8	23,1	23,2	23,2	22,7	22,6	22,7	21,3	21,3	21,3
8	B7	23	22,9	22,9	21,5	21,4	21,5	20,9	20,8	20,9
9	B8	22,3	22,3	22,4	22,5	22,3	22,3	21,3	21,3	21,3
126 dias		Acompanhamento - ciclo 9 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B8	10,4	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9	10,9	11	10,9
2	B7	10,4	10,4	10,5	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9
3	B8	10,9	10,8	10,9	11	11,1	11	10,9	10,9	10,9
4	B7	10,9	10,9	10,9	10,9	11,3	11,3	11,4	11,4	11,4
5	B8	10,4	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9
6	B7	10,4	10,5	10,6	10,9	10,9	10,8	11,4	11,5	11,4
7	B8	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9
8	B7	10,4	10,4	10,4	10,8	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9
9	B8	10,9	10,9	10,9	11,4	11,4	11,4	11,8	11,9	11,9
126 dias		Acompanhamento - ciclo 9								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B8	22,5	22,9	22,8	21,9	21,9	21,9	20,9	21,2	21
2	B7	23,9	23,5	23,6	22,8	22,8	22,8	21,4	21,4	21,3
3	B8	23	23,1	23	22,5	22,4	22,4	21,4	21,5	21,3
4	B7	24,2	24,2	24,7	23,1	23	23,1	21,9	21,9	21,9
5	B8	21,4	21,4	21,4	22,9	22,9	22,9	23,5	23,5	23,6
6	B7	23,8	23,8	23,8	22,3	22,2	22	21,4	21,3	21,4
7	B8	23	23	23,1	22,6	22,5	22,6	21,3	21,4	21,2
8	B7	22,8	22,9	22,9	21,6	21,5	21,5	20,9	20,9	20,9
9	B8	22,7	22,3	22,3	22,2	22,4	22,3	21,3	21,3	21,3
140 dias		Acompanhamento - ciclo 10 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B8	10,4	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9
2	B7	10,4	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9
3	B8	10,4	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9
4	B7	10,9	10,9	10,9	11,4	11,4	11,4	11,4	11	11,4
5	B8	10,4	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9
6	B7	10,4	10,4	10,3	11	10,9	10,9	11,4	11,4	11,4
7	B8	10,4	10,4	10,9	10,9	11,4	11,4	11,4	10,9	11,4
8	B7	10,4	10,4	10,4	10,4	10,5	10,4	10,9	10,9	10,9
9	B8	10,9	10,9	10,9	11,4	11,4	11,4	11,9	11,9	11,9

140 dias		Acompanhamento - ciclo 10								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B8	22,8	22,9	22,9	21,9	21,9	21,9	20,9	20,9	20,9
2	B7	23	22,9	22,9	22,9	22,9	22,9	21,4	21,4	21,4
3	B8	23,5	23,4	23,5	22,2	22,4	22,3	21,4	21,4	21,3
4	B7	24	24,1	24	22,9	23	23	21,8	21,8	21,9
5	B8	21,5	21,5	21,5	22,9	22,9	22,9	23,8	23,9	23,9
6	B7	23,8	23,8	23,9	22,4	22,6	22,6	21,3	21,3	21,4
7	B8	23	23	23,1	22,4	22,4	22,5	21,3	21,3	21,3
8	B7	22,8	22,9	22,8	21,4	21,4	21,4	20,9	20,9	20,9
9	B8	22,4	22,4	22,5	22,4	22,4	22,4	21,3	21,4	21,4
154 dias		Acompanhamento - ciclo 11 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B8	10,4	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9	11,4	11,4	11,4
2	B7	10,4	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9	11,3	11,3	11,3
3	B8	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	11,3	11,4	11,4
4	B7	10,9	10,9	10,9	11,3	11,3	11,3	11,4	11,4	11,4
5	B8	10,4	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9	10,8	10,8	10,4
6	B7	10,3	10,4	10,4	10,8	10,9	10,9	11,5	11,5	11,4
7	B8	10,8	10,9	10,9	11,3	10,9	10,9	11,4	11,3	11,3
8	B7	10,4	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9
9	B8	10,9	10,9	10,9	11,4	11,4	11,4	11,9	11,9	11,9
154 dias		Acompanhamento - ciclo 11								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B8	22,8	23	22,9	21,9	21,9	21,9	21	20,9	20,9
2	B7	23,8	23,5	23,7	22,9	23	22,9	21,4	21,5	21,5
3	B8	23,4	23,4	23,4	22,5	22,5	22,7	21,4	21,4	21,4
4	B7	24,5	24,4	24,6	23,2	23,1	23,1	21,9	21,9	21,9
5	B8	21,6	21,5	21,4	22,9	22,9	22,9	23,9	24	24
6	B7	23,8	23,9	23,9	22,5	22,4	22,4	21,3	21,1	21,3
7	B8	23,1	23,1	23,1	22,6	22,7	22,7	21,3	21,3	21,3
8	B7	22,9	23	22,9	21,4	21,4	21,4	20,9	20,9	20,9
9	B8	22,4	22,4	22,5	22,5	22,5	22,6	21,3	21,3	21,4

Cimento CPV – Medidas

MEDIDAS PRÉ-FISSURAÇÃO - PRISMAS MENORES				
ABERTURA DE FISSURAS AOS 3 DIAS				
CPV - 0,30				
CP'S	Lateral			Betonada
	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	
1	101,47	101,14	101,11	QUEBRA
2	100,28	100,16	100,16	B1
3	101,35	101,09	101,34	B2
4	100,35	101,13	100,72	B1
5	101,77	101,16	101,07	B2
6	100,66	100,61	101,1	B1
7	100,29	100,15	100,61	B1
8	100,2	100,24	100,45	B2
9	101,81	101,25	101,1	B2
CPV - 0,40				
CP'S	Lateral			Betonada
	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	
1	100,34	100,21	100,13	B5
2	100,63	100,97	101	B4
3	99,75	99,9	100,45	B5
4	99,45	99,93	100,58	B5
5	99,55	100,03	100,71	B4
6	100,51	100,92	101,14	B4
7	100,01	100,17	100,36	B5
8	99,82	99,34	98,75	B5
9	100,3	100,22	100,27	B4
CPV - 0,50				
CP'S	Lateral			Betonada
	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	
1	100,89	101,18	101,42	B7
2	100,02	100,84	101,66	B8
3	100,21	101,70	102,50	B8
4	99,46	99,95	100,62	B7
5	99,77	100,60	101,13	B8
6	99,86	99,86	100,17	B7
7	101,30	101,83	101,92	B8
8	99,84	101,26	102,17	B8
9	99,70	99,92	100,12	B7

MEDIDAS PÓS-FISSURAÇÃO				
ABERTURA DE FISSURAS AOS 3 DIAS				
CPV - 0,30				
CP'S	Lateral			Betonada
	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	
1	QUEBRA			
2	100,63	100,73	100,76	
3	101,11	101,33	101,56	
4	100,65	101,03	101,55	
5	101,73	101,52	101,79	
6	100,70	100,61	101,52	
7	101,48	100,73	102,22	
8	100,28	100,38	100,81	
9	101,88	101,42	101,67	
CPV - 0,40				
CP'S	Lateral			Betonada
	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	
1	100,18	100,42	100,61	
2	100,63	101,28	102,57	
3	99,86	100,61	100,87	
4	99,73	100,14	101,08	
5	99,84	100,60	101,14	
6	100,22	100,36	101,18	
7	100,29	100,56	101,16	
8	99,98	99,66	99,34	
9	100,46	100,31	100,90	
CPV - 0,50				
CP'S	Lateral			Betonada
	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	
1	101,68	101,62	102,45	
2	100,12	100,77	102,09	
3	100,22	102,11	102,97	
4	100,28	100,82	101,66	
5	100,13	100,69	101,60	
6	99,77	100,04	100,86	
7	101,03	101,55	102,45	
8	100,06	100,76	102,55	
9	99,57	99,86	101,12	

MEDIDAS PRÉ-FISSURAÇÃO - PRISMAS MENORES				
ABERTURA DE FISSURAS AOS 28 DIAS				
CPV - 0,30				
CP'S	Lateral			Betonada
	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	
1	100,45	100,42	100,24	B1
2	100,41	101,55	102,16	B2
3	100,77	100,4	102,03	B1
4	100,18	100,21	100,48	B2
5	99,93	99,62	100	B1
6	100,45	100,55	101,2	B2
7	100,73	100,66	100,16	B1
8	100,89	100,93	101,7	B2
9	100,04	100,01	100,42	B1
CPV - 0,40				
CP'S	Lateral			Betonada
	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	
1	100,89	100,59	100,42	B4
2	98,66	98,81	98,99	B5
3	100,25	100,18	99,96	B4
4	100,23	100,21	100,89	B5
5	100,41	100,59	100,41	B4
6	100,04	99,8	99,99	B5
7	101,17	100,88	100,49	B4
8	99,8	100,08	100,47	B5
9	100,2	100,03	99,82	B4
CPV - 0,50				
CP'S	Lateral			Betonada
	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	
1	99,14	99,26	99,92	B7
2	100,16	100,89	101,81	B8
3	99,39	99,96	100,8	B7
4	99,81	101,25	108,54	B8
5	99,95	100,24	101,26	B7
6	100,74	100,64	101,4	B8
7	99,63	99,67	99,64	B7
8	99,82	100,22	100,71	B8
9	100,71	100,52	100,69	B7

MEDIDAS PÓS-FISSURAÇÃO				
ABERTURA DE FISSURAS AOS 28 DIAS				
CPV - 0,30				
CP'S	Lateral			Betonada
	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	
1	100,17	100,57	100,83	
2	101,92	102,01	102,18	
3	100,77	100,79	101,10	
4	100,84	100,06	99,90	
5	100,31	99,92	100,72	
6	101,18	101,01	100,96	
7	100,21	100,72	101,18	
8	101,59	101,49	101,24	
9	100,46	100,96	101,05	
CPV - 0,40				
CP'S	Lateral			Betonada
	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	
1	100,51	100,67	100,98	
2	98,78	98,67	98,91	
3	100,13	100,16	100,65	
4	100,33	100,24	100,44	
5	100,63	100,65	100,91	
6	100,41	100,17	100,31	
7	100,92	100,79	101,19	
8	100,21	99,99	100,30	
9	100,26	100,05	100,07	
CPV - 0,50				
CP'S	Lateral			Betonada
	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	
1	99,55	99,59	100,14	
2	100,33	100,91	101,47	
3	99,77	100,07	100,69	
4	100,30	100,93	102,26	
5	100,24	100,97	101,47	
6	100,81	101,17	101,72	
7	99,77	99,63	99,98	
8	100,21	99,98	100,13	
9	100,81	100,94	101,08	

MEDIDAS LATERAL - PRISMAS MENORES				
ABERTURA DE FISSURAS AOS 3 DIAS				
CPV - 0,30				
CP'S	Lateral			Betonada
	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	
1	QUEBRA			
2	51,11	51,35	51,41	B1
3	49,8	49,54	49,76	B2
4	50,48	50,44	51,42	B1
5	50,32	50,06	50,05	B2
6	50,85	50,87	50,81	B1
7	53,12	55,05	56,18	B1
8	52,53	50,62	50,32	B2
9	50,37	50,62	50,32	B2
CPV - 0,40				
CP'S	Lateral			Betonada
	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	
1	55,37	49,92	49,71	B5
2	50,96	50,71	50,48	B4
3	49,78	49,43	49,04	B5
4	50,06	49,9	50,00	B5
5	50,06	49,9	50,00	B4
6	51,5	51,11	51,33	B4
7	50,4	50,24	50,21	B5
8	50,25	49,9	50,01	B5
9	51,33	50,97	51,07	B4
CPV - 0,50				
CP'S	Lateral			Betonada
	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	
1	51,06	50,95	50,86	B7
2	50,46	50,51	50,39	B8
3	51,18	51,36	51,5	B8
4	50,63	50,46	50,22	B7
5	52,14	52,39	52,81	B8
6	50,17	50,23	50,5	B7
7	50,71	50,72	50,31	B8
8	50,52	50,82	50,91	B8
9	50,29	50,22	50,07	B7

MEDIDAS LATERAL - PRISMAS MENORES				
ABERTURA DE FISSURAS AOS 28 DIAS				
CPV - 0,30				
CP'S	Lateral			Betonada
	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	
1	50,94	50,99	50,81	B1
2	49,86	49,75	49,76	B2
3	50,22	50,19	50,18	B1
4	51,96	51,77	52	B2
5	50,66	50,37	50,21	B1
6	49,88	49,88	49,85	B2
7	50,62	51,03	50,9	B1
8	50,5	50,28	50,05	B2
9	52,76	52,78	52,82	B1
CPV - 0,40				
CP'S	Lateral			Betonada
	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	
1	50,44	50,19	49,88	B4
2	50,01	49,59	49,38	B5
3	50,66	50,82	50,89	B4
4	49,86	49,78	49,68	B5
5	50,96	50,95	50,81	B4
6	50,41	50,32	50,12	B5
7	50,12	50,5	50,81	B4
8	51,01	51,26	51,6	B5
9	54	57,22	58,97	B4
CPV - 0,50				
CP'S	Lateral			Betonada
	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	
1	49,09	49,35	49,76	B7
2	50,59	50,96	51,16	B8
3	51,49	51,72	51,62	B7
4	51,49	51,23	50,85	B8
5	50,25	50,17	50,14	B7
6	50,45	50,32	50,17	B8
7	51,14	50,83	50,46	B7
8	52,96	53,3	53,7	B8
9	50,54	51,06	51,32	B7

Cimento CPV - Idade de abertura de fissuras aos 3 dias

VELOCIDADE DE PULSO ULTRASSÔNICO - PRISMAS MENORES										
ABERTURA DE FISSURAS AOS 3 DIAS										
CPV - 0,30										
Pré-fissuração										
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	QUEBRA	21,3	21,3	21,3	20,8	20,8	20,8	21,3	21,2	20,8
2	B1	21,2	20,8	20,9	21,3	20,9	21,7	21,2	20,8	21,2
3	B2	21,3	21,2	20,8	20,8	20,8	20,8	21,7	21,3	21,3
4	B1	21,9	21,6	21,3	20,8	20,8	21,2	21,2	21,4	21,2
5	B2	21,3	21,3	21,3	21,3	20,9	20,8	21,8	21,3	21,3
6	B1	21,3	21,3	21,3	24	21,3	21,3	21,6	21,8	21,7
7	B1	21,6	21,6	21,5	21,2	21,5	21,6	21,6	21,6	21,6
8	B2	21,6	21,5	20,9	21,2	21,4	20,8	20,7	20,9	20,1
9	B2	20,9	20,9	20,9	20,3	20,3	20,7	21,8	21,7	21,7
Pós-fissuração										
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1		DESCARTADA DEVIDO A QUEBRA								
2	B1	62,1	63,1	62,9	39,3	38,9	39,3	32,1	32,5	32,6
3	B2	49,1	49,1	49,2	42,4	42,9	40,2	23	23,4	23,2
4	B1	55,8	55	55,9	39,5	40,1	40,3	26,4	26,4	26
5	B2	68,8	68,9	70,6	31,8	32,5	32,4	24	23,8	23,8
6	B1	82,1	76,4	76,8	79,6	79,6	80,1	43,8	43,1	55
7	B1	71,2	74,5	75,9	64,7	65,6	74,6	54	54	54
8	B2	25,1	25,1	25,1	25,1	29,2	29,6	59,4	59,2	58,8
9	B2	22,6	22,9	23	22,7	22,7	22,5	34,8	62,8	63,8
14 dias										
Acompanhamento - ciclo 1										
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1		DESCARTADA DEVIDO A QUEBRA								
2	B1	21,3	21,4	21,3	21,1	20,8	20,8	20,4	20,4	20,5
3	B2	22,7	22,5	22,7	21,3	21,3	21,2	20,4	20,4	20,4
4	B1	22,1	22,1	22,1	20,7	20,8	20,7	20,8	20,7	20,7
5	B2	21,4	21,3	21,3	21	20,8	20,8	20,9	20,9	20,8
6	B1	27,6	20,8	27,5	20,9	20,9	21,2	20,4	20,4	20,4
7	B1	30,2	30,5	30,4	32,4	32,9	32,7	20,4	20,4	20,8
8	B2	21,2	20,9	20,9	20,2	20	20,2	19,5	19,4	19,4
9	B2	20	20	20,4	19,9	19,9	19,9	22,6	23,1	23,1
28 dias										
Acompanhamento - ciclo 2										
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1		DESCARTADA DEVIDO A QUEBRA								
2	B1	21,4	21,4	21,4	21,4	21,6	21,6	20,7	20,7	21
3	B2	28	28,2	28	21,6	21	20,8	21,7	21,5	21,5
4	B1	23,3	23	23,3	21,5	21,5	21,4	21,4	21,3	21,4
5	B2	21,4	22	22,3	21,1	21,8	21,8	21,8	21,1	21,8
6	B1	22,5	22,5	22,1	21,6	21,8	18,3	20,9	21,5	20,5
7	B1	28,3	30,8	30,8	22,6	22,6	23	21,2	21,5	21,5
8	B2	21,9	21,9	21,9	21,2	21,1	21,1	21	21	21
9	B2	21,1	21,1	21	21	21	21	18,8	21	22,1

42 dias		Acompanhamento - ciclo 3								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1		DESCARTADA DEVIDO A QUEBRA								
2	B1	22	23,2	22,8	21,1	21,1	21,1	20,6	20,7	20,4
3	B2	20,8	20,8	20,8	21,1	21,2	21,4	23,5	23,6	23,5
4	B1	22,1	22,4	22,3	21	21,1	20,9	21	21,1	20,8
5	B2	24,6	24,5	24,3	21	20,9	21	21,2	21,1	21,1
6	B1	23,1	22,9	22,7	26,4	26,1	26,1	20,8	20,8	21
7	B1	25,2	25,1	25,1	28,7	29	29,1	20,7	20,7	20,9
8	B2	21,4	21,5	21,1	20,7	20,6	20,4	20	20,1	19,8
9	B2	20,3	20,3	20,3	19,7	19,7	20,1	21,4	21,7	21,6
56 dias		Acompanhamento - ciclo 4								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1		DESCARTADA DEVIDO A QUEBRA								
2	B1	30	29,9	29,8	24,1	24	23,9	19,1	19	19
3	B2	29,7	29,8	29,6	23,8	23,9	23,8	18,8	18,8	18,8
4	B1	30,8	30,6	30,5	19	19,1	19,1	18,3	18,3	18,3
5	B2	29,9	29,9	288,2	19,5	19,6	19,4	18,8	18,8	18,8
6	B1	19,4	19,5	19,4	25,4	25,1	25	19,1	19,1	19,1
7	B1	26,7	26,8	26,7	22,9	23,1	22,7	24,1	24,2	24,2
8	B2	19,2	19,1	19,2	18,3	18,3	18,1	17,4	17,4	17,4
9	B2	17,9	17,9	17,9	17,8	17,8	17,8	20,1	20,1	20
70 dias		Acompanhamento - ciclo 5								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1		DESCARTADA DEVIDO A QUEBRA								
2	B1	18,9	18,8	18,8	19,2	19,1	19,2	29,1	29,5	29,5
3	B2	18,7	18,8	18,8	24	24	24	35,7	39,9	29,6
4	B1	19,6	19,5	19,6	24,3	24,4	24,3	31,8	31,7	31,6
5	B2	18,8	18,8	18,8	19,6	19,5	19,5	28,9	28,9	29
6	B1	26,5	26,7	26,7	30,6	30,6	30,6	25,9	25,9	25,9
7	B1	36,1	36,1	36,9	22,7	22,6	22,7	19,2	19,2	19,2
8	B2	18,7	18,7	18,7	18,3	18,3	18,3	17,8	17,8	17,8
9	B2	17,9	18	17,9	17,8	17,8	17,8	26,6	26,6	26,5
84 dias		Acompanhamento - ciclo 6								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1		DESCARTADA DEVIDO A QUEBRA								
2	B1	21,7	21,7	21,7	18,9	18,9	18,9	18,4	18,4	18,4
3	B2	23,3	23,4	23,6	20,1	19,8	20,2	18,5	18,5	18,5
4	B1	21	21,1	20,9	22,7	22,8	22,8	19,2	19,2	19,2
5	B2	24,2	24,2	24,2	19,2	19,3	19,4	18,9	18,9	18,9
6	B1	21,1	21,1	21,1	25,1	25,1	25	19,7	19,6	19,6
7	B1	26,5	26,3	26,7	23,4	23,2	23,2	18,8	18,8	18,9
8	B2	19,1	19	19	18,7	18,6	18,6	18,3	18	18,1
9	B2	17,8	17,8	17,9	18	17,9	17,9	19,8	19,9	19,8

98 dias		Acompanhamento - ciclo 7								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1		DESCARTADA DEVIDO A QUEBRA								
2	B1	24,1	24,1	24,1	21,1	21,1	20,8	20,4	20,4	20,4
3	B2	26,1	26	26,1	22,5	22,2	21,9	20,4	20,4	20,4
4	B1	29,6	29,6	29,7	25,9	25,7	26	20,8	20,8	20,8
5	B2	26,3	26,4	26,4	21,2	21,2	21,1	20,9	20,9	20,9
6	B1	29	29,1	29	22,1	22,1	22,1	21,1	21,1	21,1
7	B1	28,1	28,3	28,2	26,1	26,2	26,2	20,8	20,7	20,6
8	B2	20,9	20,9	20,8	20,4	20,4	20,4	19,4	19,9	19,9
9	B2	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,8	21,4	21,4	21,5
112 dias		Acompanhamento - ciclo 8								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1		DESCARTADA DEVIDO A QUEBRA								
2	B1	31,4	31,5	31,5	28,9	29,1	29	20,8	20,8	20,8
3	B2	36,3	36,3	36,3	26,4	26,3	26,4	20,8	20,8	20,7
4	B1	30,9	30,7	30,9	27	27	27	21,3	21,3	21,2
5	B2	32,5	32,4	32,4	22,3	22,2	22,3	21,4	21,4	21,4
6	B1	43,6	43,4	44	36,8	33,7	37,4	22	21,9	22
7	B1	45,8	45,8	46	34,4	34	34,7	27	27	27
8	B2	21,5	21,4	21,5	20,4	20,4	20,5	20,2	20,3	20,2
9	B2	29,7	29,6	29,7	20,8	20,8	20,8	20,8	20,9	20,8
140 dias		Acompanhamento - ciclo 10								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1		DESCARTADA DEVIDO A QUEBRA								
2	B1	28,6	28,7	28,5	21,8	21,8	21,9	20,6	20,6	20,7
3	B2	21,5	21,6	21,5	24,8	24,7	24,8	21,1	21,2	21,1
4	B1	27,6	27,9	27,9	24,3	24,4	24,3	21,9	21,5	21,6
5	B2	23,4	29,3	23,1	22,3	22,3	22,4	21,4	21,4	21,4
6	B1	40,7	40,7	40,6	33,2	33,2	33	22,2	22,3	22,1
7	B1	29,3	29,1	29,3	26,2	26	26	21,5	21,3	21,4
8	B2	21,4	21,1	21,5	20,4	20,4	20,4	20	20,3	20,3
9	B2	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5	22,2	22,3	22,4
154 dias		Acompanhamento - ciclo 11 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1		DESCARTADA DEVIDO A QUEBRA								
2	B1	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
3	B2	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9
4	B1	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	10	9,9	9,9
5	B2	10,4	10,4	10	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9
6	B1	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	10,4	9,9	9,9
7	B1	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	11,4	11,4	11,4
8	B2	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9
9	B2	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4

154 dias		Acompanhamento - ciclo 11								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1		DESCARTADA DEVIDO A QUEBRA								
2	B1	28,5	28,1	28	21,7	21,7	21,7	20,8	20,7	20,6
3	B2	22	21,3	21,4	24,2	24,1	24,2	21	20,9	21,3
4	B1	24,1	23,8	23,8	23,4	23,6	23,3	21,7	21,6	21,5
5	B2	23,7	23,4	23,8	23,2	23,1	23,1	21,4	21,4	21,4
6	B1	40,4	40,3	40,3	27,3	27,5	26,8	22	21,9	21,9
7	B1	29,4	29,5	29,3	26,1	25,7	26,4	21,4	21,4	21,4
8	B2	21,5	21,4	21,4	20,6	20,6	20,7	20,2	20,2	20,1
9	B2	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4	22,4	22,5	22,3
168 dias		Acompanhamento - ciclo 12 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1		FOI DESCARTADA DEVIDO A QUEBRA								
2	B1	9,9	9,9	9,9	9,8	9,7	9,7	10,4	10,4	10,4
3	B2	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,8	9,8	9,8
4	B1	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	9,8	9,9	9,9
5	B2	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	9,8	9,8	9,8
6	B1	10	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	10,4	10,3	10,4
7	B1	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,7	10,8	11,4
8	B2	10,3	10,3	10,3	10,3	10,2	10,4	10,9	10,9	10,9
9	B2	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,7	9,8	9,8
168 dias		Acompanhamento - ciclo 12								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1		FOI DESCARTADA DEVIDO A QUEBRA								
2	B1	24,5	24,3	24,8	21,6	21,8	21,7	20,8	20,7	20,8
3	B2	22,1	22,2	22,2	23,7	23,6	23,6	23,6	20,8	20,8
4	B1	23,6	23,7	23,6	24,1	24,3	24	21,4	21,5	21,3
5	B2	24,1	24,1	24,1	23	23	23	21,1	21,1	21,1
6	B1	22,9	22,5	22,7	22,5	22,6	22,7	21,5	21,6	21,6
7	B1	29,5	29,4	29,4	25,5	25,4	25,5	20,9	21	21,1
8	B2	21,3	21,2	21	20,4	20,3	20,3	20,2	20,3	20,3
9	B2	20,5	20,4	20,3	20,4	20,4	20,4	22,4	22,3	22,4
182 dias		Acompanhamento - ciclo 13 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1		FOI DESCARTADA DEVIDO A QUEBRA								
2	B1	9,9	10,1	10,1	10,3	10,3	10,3	10,7	10,6	10,5
3	B2	10,2	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,3	10,3	10,3
4	B1	10,2	10,2	10,2	10,3	10,5	10,3	10,3	10,2	10,2
5	B2	10,3	10,3	10,3	10,1	10,2	10,1	10,3	10,2	10,2
6	B1	10,3	10,2	10,2	10,3	10,3	10,3	10,4	10,5	10,3
7	B1	11,2	11,1	11,1	11,2	11,2	11,2	11,4	11,3	11,3
8	B2	10,8	10,7	10,7	10,9	10,8	10,8	10,9	11,1	10,9
9	B2	10,2	9,9	9,9	9,8	9,8	9,8	10,3	10,3	10,3

182 dias		Acompanhamento - ciclo 13								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1		FOI DESCARTADA DEVIDO A QUEBRA								
2	B1	21,9	21,8	22,2	20,8	21,4	21,7	21,6	21,8	21,8
3	B2	19,7	20,4	20,5	22,2	22,6	21,9	21,5	21,3	21,6
4	B1	21,9	21,6	21,2	22,5	22,6	22,9	20,1	21,4	21,5
5	B2	23,3	23,7	23,8	22,9	22,9	23	21,8	21,8	21,7
6	B1	21,1	21,3	21,7	27,8	27,8	28,1	22,6	22,8	22,9
7	B1	28,5	28,2	28,5	24,3	24,7	24,7	21,7	21,9	21,9
8	B2	21,9	22	22,1	21,1	20,9	21,1	20,7	20,9	20,8
9	B2	20,9	20,9	20,8	19,5	19,3	19,8	22,9	22,9	22,9

VELOCIDADE DE PULSO ULTRASSÔNICO - PRISMAS MENORES										
ABERTURA DE FISSURAS AOS 3 DIAS										
CPV - 0,40										
Pré-fissuração										
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B5	22,5	22,7	22,7	21,7	22	22	22,6	22,6	22,7
2	B4	22,1	21,7	22	22,2	22,2	22,6	23	22,6	22,6
3	B5	23,3	23,2	23,3	22,1	22,1	22,1	21,7	22	22
4	B5	23	22,9	23	22,5	22,7	22,6	22	21,9	21,9
5	B4	22,8	21,8	22,9	22,1	22,3	21,6	21,5	21,5	21,2
6	B4	22,2	22,3	22,3	22,1	22,1	22,2	22,1	21,9	22,8
7	B5	22,6	22,5	22,5	22,2	22,2	22,2	22,1	22,3	22,3
8	B5	22	22	22	22,1	22,2	22	22,1	22	22
9	B4	22,1	22,1	22,3	22,1	22,1	21,4	21,6	21,7	21,9
Pós-fissuração										
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B5	24,1	23,9	23,8	23,1	22,8	22,7	23,2	23,3	23,3
2	B4	24,9	24,9	24,7	36,8	36,8	36,8	49	52,2	51,3
3	B5	73,5	73,2	74	39,6	39	38,6	29,8	29,5	29,5
4	B5	72,7	70,3	72,8	41	40	39,6	29,1	29,5	31
5	B4	30,1	28,6	29,8	23,2	23,1	23,2	22,6	22,3	22,2
6	B4	33,4	33,3	32,2	47,1	49,7	51,8	24,1	24,1	25,8
7	B5	52,9	53,7	51,9	46,3	46,4	46,2	30,9	30,4	32,9
8	B5	29,1	30,1	29,8	39,9	39,8	40,2	496	48,8	52,5
9	B4	31,9	32,7	33,3	23,7	23,7	21,9	21,7	23,8	23,7
14 dias		Acompanhamento - ciclo 1								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B5	22,7	22,4	22,2	20,4	20,3	20,4	20,4	20,4	20,4
2	B4	23,3	23,3	23,3	21,8	21,8	22	30,2	27,5	30,2
3	B5	31,1	31,1	31,4	21,5	21,3	21,3	20,8	20,8	20,9
4	B5	30	22,4	30,4	21,7	21,7	21,6	21,2	21,2	20,7
5	B4	27,6	27,6	27,6	20,9	20,9	20,9	19,9	19,9	19,9
6	B4	21,8	21,7	21,8	20,9	21,2	21,1	20,4	20,4	20,5
7	B5	31,1	31	31	21,4	21,4	21,4	20,9	21	20,9
8	B5	20,4	20,4	20,5	21,2	21,2	20,9	21,7	21,7	21,6
9	B4	21,1	21,2	21,3	21	21,1	20,9	20,8	20,8	20,9

28 dias		Acompanhamento - ciclo 2								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B5	21,5	21,2	20,9	21,2	21,9	21,3	21,7	21,5	21,4
2	B4	21,9	21,9	21,9	22,7	22,7	22,7	32,2	32,3	32,6
3	B5	43,3	43,2	43,1	22,7	23,3	23,4	21,9	21,8	21,8
4	B5	29	28,8	28,8	24,4	24,4	24,4	21,3	21,4	21,3
5	B4	24,6	24,6	24,8	20,8	21,3	20,2	20,9	20,9	20,9
6	B4	22,9	22,8	22,7	21,7	22,1	22	21,5	21,5	21,5
7	B5	24,9	24,9	24,7	24,1	24,3	24	21,8	21,8	21,8
8	B5	21,4	21,4	21	18,5	19,9	19,9	23	23,3	22,4
9	B4	21,8	22,3	22,3	20,7	21,7	20,5	20,3	21,7	21,3
42 dias		Acompanhamento - ciclo 3								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B5	21,5	21,9	22	22	21,9	21,9	25	25	25
2	B4	21,7	21,7	21,9	20,7	20,7	20,7	20,8	20,8	20,8
3	B5	38,7	32,1	32	21,4	21,5	21,5	20,7	20,7	20,7
4	B5	29,8	29,8	29,9	21,6	21,8	21,5	21	21,2	21,1
5	B4	22	22	22,1	121,4	21,1	21	20,2	20,2	20,2
6	B4	21,9	22,3	22,3	20,8	21,2	21,2	21	20,8	20,8
7	B5	31,4	31,6	31,6	21,8	21,9	21,9	21,4	21,5	21,3
8	B5	21,1	21,1	21,1	21,4	21,4	21	35,4	35	35,7
9	B4	21,2	21,4	21,1	20,8	21,1	21,3	20,8	20,8	20,8
56 dias		Acompanhamento - ciclo 4								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B5	19,2	19,2	19,3	18,3	18,2	18,2	18,3	18,3	18,3
2	B4	18,9	18,8	18,8	20,1	20,1	20	26,4	26,4	26,5
3	B5	34,4	34,2	34,3	19,4	19,2	19,2	18,6	18,6	18,3
4	B5	26,8	26,8	26,8	19,6	19,6	19,6	18,3	18,3	18,3
5	B4	23,1	23,3	23,2	18,8	18,8	18,8	17,8	17,8	17,8
6	B4	27,4	27,5	27,3	18,8	18,8	18,8	18,3	18,3	18,3
7	B5	25,2	25,2	25,2	19,3	19,3	19,3	18,4	18,4	18,4
8	B5	19,6	18,7	18,4	19,1	19,1	19,1	26	26	26
9	B4	18,8	18,8	18,8	19,2	19,2	19,2	18,8	18,7	18,8
70 dias		Acompanhamento - ciclo 5								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B5	19,5	19,5	19,5	18,3	18,3	18,4	18,4	18,7	18,7
2	B4	19,5	19,5	19,6	20	20,1	20	26	25,9	25,8
3	B5	39,9	40,6	39,9	25,5	25,5	25,6	18,7	18,7	18,7
4	B5	32,2	32,1	32,2	19,5	19,5	19,6	18,8	18,7	18,8
5	B4	20	20	20	18,8	18,8	18,8	17,9	17,9	17,9
6	B4	27,2	27,2	27,1	18,8	18,8	18,8	18,8	18,8	18,7
7	B5	33,5	33,4	33,4	19,7	19,7	19,6	19	19,1	19,1
8	B5	18,7	18,8	18,4	19,1	19,1	19,1	25,4	25,5	25,3
9	B4	19,3	19,2	19,2	18,8	18,8	18,8	19,4	19,5	19,3

84 dias		Acompanhamento - ciclo 6								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B5	19,3	19,6	19,6	18,8	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4
2	B4	19,2	18,9	19,2	20	19,8	19,8	22,9	22,9	22,9
3	B5	29	28,8	28,9	19,3	19,3	19,3	18,8	18,8	18,8
4	B5	26,8	27,3	26,9	19,7	19,7	19,7	18,8	18,8	18,8
5	B4	20,1	20,2	20,1	19,2	19,3	18,9	18,3	18	17,9
6	B4	20,1	19,7	19,8	18,9	18,9	19,2	18,8	18,8	18,8
7	B5	20,2	20,2	20,2	19,7	19,7	19,7	19,1	19,1	19,1
8	B5	18,9	18,8	18,8	19,5	19,4	19,4	20,2	20,2	20,3
9	B4	19,4	19,2	19,3	19,4	19,6	19,3	18,8	18,5	18,7
98 dias		Acompanhamento - ciclo 7								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B5	21,6	21,6	21,3	20,4	20,4	20,4	20,8	20,8	20,8
2	B4	20,9	20,9	20,9	21,8	21,8	21,8	24	24	24
3	B5	35,8	35,9	35,8	21,3	21,3	21,3	20,8	20,8	20,8
4	B5	29	29,4	29,2	21,7	21,7	21,6	20,8	20,8	20,8
5	B4	22,1	22,2	22,2	21,2	21,2	21,2	19,9	19,8	19,9
6	B4	22,1	21,7	21,7	20,9	20,8	20,9	20,6	20,8	20,4
7	B5	22	22,1	22,1	21,8	21,8	21,4	21,3	20,9	20,8
8	B5	20,4	20,4	20,4	21,2	21,2	21,2	27,7	28	27,8
9	B4	21,2	21,2	21,1	21,2	21,6	21,3	20,8	20,8	20,8
112 dias		Acompanhamento - ciclo 8								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B5	21,3	21,3	21,3	20,4	20,4	20,4	20,8	20,8	20,8
2	B4	21,3	21,3	21,4	22,5	22,5	22,5	29,4	29,2	29,3
3	B5	36,6	36,7	36,6	21,6	21,7	21,7	20,8	21,1	20,9
4	B5	29,6	29,6	29,5	29,9	28,9	28,9	21,1	20,8	20,7
5	B4	22,1	22,2	22,1	21,3	21,3	21,3	20,4	20,3	20
6	B4	22,1	22,2	22,2	21,3	21,2	21,3	21,1	21,1	21,1
7	B5	31,2	30,9	31,7	21,9	21,8	21,9	21,3	21,2	21,2
8	B5	20,8	20,8	20,7	21,2	21,2	21,2	28,3	28,4	28,4
9	B4	21,3	21,4	21,3	21,3	21,3	21,3	20,8	20,8	20,8
140 dias		Acompanhamento - ciclo 10								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B5	21,4	21,4	21,4	20,4	20,5	20,4	20,7	20,7	20,6
2	B4	21,1	21,1	21,1	22	22,1	22,1	29,3	29,2	29,2
3	B5	35	34,9	34,8	21,7	21,7	21,8	20,9	20,9	20,9
4	B5	26,9	26,9	26,9	22	22	21,9	21	21	21
5	B4	22	22,1	22,3	21,3	21,3	21,4	20,3	20,4	20,4
6	B4	22,1	22	22	21	21	20,9	20,8	20,8	20,9
7	B5	28,9	28,8	28,6	21,7	21,7	21,7	21	21,1	21
8	B5	20,7	20,8	20,8	21,3	21,2	21,4	22,3	22,2	22,2
9	B4	21,3	21,4	21,4	21,3	21,4	21,4	20,9	20,9	20,9

154 dias		Acompanhamento - ciclo 11 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B5	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
2	B4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
3	B5	10,0	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4
4	B5	10,0	10,0	10,0	10,4	10,0	9,9	10,5	10,4	10,4
5	B4	9,9	10,3	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
6	B4	10,4	10,4	10,4	10,5	10,4	10,4	10,5	10,4	10,4
7	B5	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9
8	B5	9,9	9,9	10,0	10,9	10,5	10,4	10,4	10,4	10,9
9	B4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
154 dias		Acompanhamento - ciclo 11								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B5	21,5	21,4	21,5	20,8	20,6	20,7	21	20,9	20,9
2	B4	21,3	21,3	21,3	22	22,1	22,1	26,9	26,9	26,6
3	B5	34,9	34,8	34,8	21,7	21,8	21,8	21	21	21,1
4	B5	26,8	26,7	26,7	21,9	22	21,7	20,9	20,9	20,9
5	B4	22,4	22,4	22,4	21,1	21,1	21,1	20,4	20,4	20,4
6	B4	22	22	22	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,8
7	B5	22,9	22,9	22,9	21,8	21,9	21,9	21,5	21,4	21,3
8	B5	20,8	20,9	20,8	21,1	21,2	21,2	22,5	22,8	22,8
9	B4	21,3	21,6	21,4	21,3	21,4	21,5	20,9	21	21
168 dias		Acompanhamento - ciclo 12 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B5	9,9	9,8	9,9	9,9	9,9	9,8	10,5	10,7	10,5
2	B4	10,4	10,3	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,3	10,4
3	B5	9,8	9,9	9,8	9,9	9,8	9,8	10,4	10,3	10,4
4	B5	9,8	9,8	9,9	9,8	9,8	9,9	10,4	10,4	10,4
5	B4	10,4	9,8	9,8	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
6	B4	10,4	10,4	10,4	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3
7	B5	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
8	B5	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	9,9	9,8	9,8
9	B4	9,8	9,8	10,3	10,4	10,4	10,4	10,3	10,3	10,3
168 dias		Acompanhamento - ciclo 12								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B5	21,5	21,5	21,8	20,7	20,8	20,5	21	21	21
2	B4	21,4	21,4	21,3	21,8	21,9	21,9	26,1	26,1	26,1
3	B5	33,1	33,1	33,1	21,4	21,7	21,5	21	20,9	21
4	B5	26,6	26,7	26,6	21,7	21,7	21,9	20,8	20,8	20,9
5	B4	22,3	22,4	22,3	21,2	21,1	21,2	20,3	20,3	20,3
6	B4	21,9	21,9	21,9	20,8	20,8	20,9	20,4	20,3	20,3
7	B5	22,5	22,4	22,6	21,9	21,8	21,8	20,9	21	21
8	B5	20,7	20,7	20,6	21	21,2	21,1	22,4	22,4	22,5
9	B4	21,1	21,3	21,1	21,4	21,3	21,3	20,8	20,8	20,8

182 dias		Acompanhamento - ciclo 13 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B5	10,3	10,6	10,6	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3
2	B4	10,4	10,7	10,6	10,4	10,4	10,4	10,7	10,7	10,7
3	B5	10,3	10,4	10,7	10,3	10,3	10,3	10,7	10,7	10,7
4	B5	10,4	10,2	10,2	10,3	10,3	10,3	10,7	10,7	10,7
5	B4	10,5	10,6	10,6	10,8	10,7	10,7	10,6	10,6	10,6
6	B4	10,5	10,3	10,7	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8
7	B5	10,2	10,2	10,2	10,7	10,7	10,7	11,2	11,2	11,2
8	B5	10,3	10,3	10,3	10,7	10,7	10,7	10,3	10,3	10,3
9	B4	10,8	10,6	10,4	10,6	10,7	10,7	10,3	10,3	10,3
182 dias		Acompanhamento - ciclo 13								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B5	22	22	22,1	21,2	21,2	21,1	21,2	21,2	21,3
2	B4	21,7	21,8	21,9	22,9	22,9	22,7	23	23,6	25,5
3	B5	29,7	29,8	30	20	20,6	21,3	20,8	21,3	21,2
4	B5	23,4	23,6	23,5	21,6	21,3	21,7	21,6	21,6	21,6
5	B4	21,2	20,8	22,8	21,8	21,9	21,8	20,6	20,6	20,7
6	B4	22,1	22,4	22,8	21,6	21,7	21,7	21,2	21,4	21,5
7	B5	24,2	24,4	21,9	22,6	22,7	22,9	20,6	20,3	20,3
8	B5	21,2	21,2	21,2	22,1	21,8	21,8	21,6	21,7	22,2
9	B4	21,7	21,7	21,7	21,9	21,9	22	21,5	21,5	21,5

VELOCIDADE DE PULSO ULTRASSÔNICO - PRISMAS MENORES										
ABERTURA DE FISSURAS AOS 3 DIAS										
CPV - 0,50										
Pré-fissuração										
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B7	23	22,9	22,9	22,6	22,5	22,7	21,8	22,1	22
2	B8	23,3	23,5	23,5	22,6	22,8	22	21,7	21,8	22,1
3	B8	23,7	23,7	23,5	23	23	22,9	22,5	22,5	22,6
4	B7	23,5	23,3	23,3	22,8	22,7	22,7	22,1	22,1	22,1
5	B8	23,2	23,4	23,4	22,7	22,7	22,7	21,9	22	22,1
6	B7	21,7	22,1	22	22,3	22,6	22,7	21,2	21,2	21,2
7	B8	23,6	23,7	23,8	23,2	23,4	23,1	22,6	22,8	22,5
8	B8	24,4	24,4	24,3	23,5	22,7	22,6	22,9	23	22,9
9	B7	23,5	23,1	22,9	21,8	22,1	22,2	22	20,9	22
Pós-fissuração										
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B7	55,5	54,4	53,3	27,1	27,2	27,2	23,3	22,9	23,2
2	B8	23,8	23,9	24,1	27,2	27,1	26,8	23,7	24,1	24,2
3	B8	24,8	24,6	24,6	31,3	31,5	33,7	23,3	23,3	23,3
4	B7	32,5	31,9	33,7	32	32,3	31,9	23,1	22,5	22,6
5	B8	32,9	33,2	33,2	33,7	33,4	33,7	24,1	24,1	24,2
6	B7	23,3	23,3	23,3	24,4	24,3	24,1	22,8	22,8	22,5
7	B8	24	23,7	24,2	23,9	23,9	23,9	23,3	23,2	23,3
8	B8	25,5	24,8	25,1	30,1	30,2	30,1	26,6	22,9	26,2
9	B7	58,3	59,5	58,3	42,6	43,8	43,8	23,1	23,9	23,2

14 dias		Acompanhamento - ciclo 1								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B7	22,2	23	23	29,6	28,9	28,1	20,4	20,4	20,4
2	B8	22	21,3	21,7	20,8	20,6	20,6	20,4	20,4	20,4
3	B8	22,2	22,1	22,1	20,8	20,8	20,8	20,4	20,6	20,8
4	B7	22,6	22,6	22,6	21	21,1	21,2	20,7	20,8	20,8
5	B8	21,4	21,5	21,4	20,9	20,9	20,9	19,9	19,9	19,9
6	B7	21,6	21,9	21,7	21,8	21,3	21,4	20,5	20,4	20,3
7	B8	21,8	21,8	21,8	21,3	21,3	21,3	20,9	20,9	20,7
8	B8	22,3	21,9	22	21,2	21,4	21,2	27,7	27,5	27,2
9	B7	31,8	31,8	32	21,3	21,4	21,7	20	20,3	20,1
28 dias		Acompanhamento - ciclo 2								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B7	30,5	30,7	30,7	22,6	23,7	22,6	21,5	21,3	21,2
2	B8	22,6	22,7	22,6	21,8	21,5	21,9	21,4	21,4	21,4
3	B8	21,4	21,7	21,8	21,9	21,8	22	21,4	21,3	21,2
4	B7	33,2	32,8	32,8	22,2	22	22	21,4	21,4	21,3
5	B8	22,2	21,8	22,1	21,9	22,1	22	21,4	21,3	21,3
6	B7	23,9	24	24	22,7	22,6	22,5	21,1	20	20,8
7	B8	20,8	21,8	21	21,9	22	22	21,4	21,3	21,3
8	B8	23,4	23,4	23,4	22,6	23,4	23,5	20,6	23,3	23,3
9	B7	31,3	30,9	31,1	21,7	22,2	21,6	21,4	21,3	21,3
42 dias		Acompanhamento - ciclo 3								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B7	32,3	32,1	31,7	21,6	21,6	21,7	20,7	20,7	20,7
2	B8	21,8	22	22	20,7	20,7	20,6	20,7	20,7	20,6
3	B8	21,7	21,7	21,6	20,7	20,7	20,7	20,7	20,7	20,6
4	B7	24,4	23,9	23,5	21,1	21,4	21,4	20,7	21,1	20,7
5	B8	21,5	21,5	21,7	21,2	21,2	21,2	20,7	20,2	20,7
6	B7	21,8	21,8	21,8	21,7	21,7	21,1	20,2	20,2	20,2
7	B8	21,5	21,6	21,6	20,8	20,5	21	20,5	20,2	20,3
8	B8	21,7	22,1	22,1	21,1	21,2	21,2	20,8	20,8	20,7
9	B7	29,8	30,2	29,6	21,9	21,5	21,6	20,9	21	20,6
56 dias		Acompanhamento - ciclo 4								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B7	26,9	26,39	26,9	19,7	19,7	19,7	18,6	18,6	18,6
2	B8	19,6	19,6	19,6	18,4	18,4	18,3	18,3	18,3	18,3
3	B8	19,7	19,7	19,7	18,3	18,3	18,3	18,9	18,3	18,3
4	B7	22,1	21,8	22,1	18,8	18,8	18,8	18,3	18,4	18,3
5	B8	19,6	19,6	19,6	18,8	18,4	18,5	17,8	17,8	17,8
6	B7	19,6	19,5	19,6	19,6	19,6	19,6	18,2	18,2	18,2
7	B8	19,2	19,3	19,3	18,7	18,4	18,8	19,9	17,9	17,9
8	B8	19,3	19,3	19,3	18,7	18,7	18,4	18,3	18,4	18,3
9	B7	24	24	23,9	19,5	19,2	19,2	18,3	18,3	18,3

70 dias		Acompanhamento - ciclo 5								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B7	27	26,2	27	20,1	20,2	20,1	18,7	18,7	18,7
2	B8	26,6	26,6	26,5	18,9	18,8	19	18,4	18,3	18,3
3	B8	19,8	19,8	19,8	18,7	18,7	18,7	18,3	18,3	18,3
4	B7	21,9	21,6	21,8	18,8	18,8	18,8	18,7	18,4	18,4
5	B8	26	25,9	25,9	18,8	18,8	18,8	18,6	18,6	18,6
6	B7	25,9	25,7	25,7	19,7	19,7	19,7	18,3	18,3	18,3
7	B8	18,3	18,3	18,3	19,2	19,2	19,2	19,3	19,3	19,3
8	B8	19,9	19,8	19,9	18,8	18,9	19	18,9	18,7	18,7
9	B7	20,7	21	21	19,2	19,2	19,2	18,4	18,4	18,3
84 dias		Acompanhamento - ciclo 6								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B7	20,1	20,2	20,2	19,7	19,8	19,8	18,5	18,8	18,5
2	B8	19,7	19,7	19,7	18,8	18,8	18,8	18,4	18,3	18,4
3	B8	19,7	19,7	19,7	18,8	18,8	18,4	18,4	18,4	18,4
4	B7	20,7	20,7	21	19,2	19,2	19	18,8	18,8	18,8
5	B8	19,3	19,3	19,3	19,1	19,1	19,2	18,7	18,6	18,8
6	B7	19,6	19,5	19,6	19,4	19,4	19,4	18,3	18,3	18,3
7	B8	19,3	19,3	19,3	18,9	19,2	19,2	18,4	18,4	18,3
8	B8	19,8	19,5	19,4	18,8	18,8	18,8	18,8	18,9	18,9
9	B7	27,6	27,5	27,5	19,7	19,6	19,4	18,4	18,4	18,3
91 dias		Acompanhamento - ciclo 6,5								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B7	22,4	22,4	22,3	21,7	21,8	21,8	20,8	20,8	20,8
2	B8	21,8	21,4	21,6	20,8	20,8	20,8	20,5	20,3	20,3
3	B8	21,7	21,3	21,3	20,8	20,8	20,4	20,4	20,4	20,4
4	B7	22,4	22,6	22,7	20,8	20,8	20,8	20,9	21	20,8
5	B8	21,8	21,8	21,9	20,8	20,8	20,8	20,3	20,3	20,3
6	B7	22,1	22,2	22	21,4	21,4	21,4	20,3	20,3	20,3
7	B8	21,3	21,7	21,3	20,9	20,9	20,9	20,3	20,3	20,3
8	B8	21,8	21,8	21,8	20,8	20,9	20,9	20,8	20,8	20,6
9	B7	22,7	22,7	22,7	21,7	21,6	21,7	20,4	20,4	20,4
112 dias		Acompanhamento - ciclo 8								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B7	22,4	22,5	22,5	22,2	22,1	22,1	20,7	20,7	20,7
2	B8	21,6	21,7	21,7	20,8	20,8	21,1	20,7	20,7	20,7
3	B8	21,7	21,7	21,7	20,8	20,7	20,7	20,8	20,7	20,8
4	B7	23,4	23,5	23,4	21,2	21,2	21,5	20,8	20,8	20,8
5	B8	21,7	21,7	21,8	21	20,9	21	20,8	20,5	20,4
6	B7	25,4	25,5	25,4	21,7	21,7	21,7	20,6	20,4	20,4
7	B8	21,3	21,3	21,3	21,7	21,3	21,7	20,8	20,8	20,8
8	B8	21,8	21,8	21,8	20,8	20,9	20,8	21,1	20,9	21
9	B7	23,2	23,2	23,2	21,7	21,7	21,7	20,7	20,7	20,7

140 dias		Acompanhamento - ciclo 10								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B7	22,4	22,4	22,4	21,9	21,9	21,9	20,8	20,8	20,9
2	B8	21,4	21,4	21,5	20,8	20,9	20,9	20,5	20,6	20,5
3	B8	21,6	21,6	21,6	20,6	20,8	20,9	20,9	20,9	20,9
4	B7	23,1	23,2	23,2	21,4	21,4	21,4	20,9	21	20,9
5	B8	21,6	21,4	21,5	21	20,9	20,9	20,4	20,4	20,4
6	B7	21,8	21,7	22	21,4	21,6	21,4	20,4	20,4	20,4
7	B8	21,4	21,4	21,4	21,4	21,3	21,1	20,6	20,4	20,5
8	B8	21,7	21,7	21,7	20,9	20,9	20,9	21,1	21	20,9
9	B7	23,1	23	23,1	21,4	21,3	21,4	20,5	20,5	20,4
154 dias		Acompanhamento - ciclo 11 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B7	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9
2	B8	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
3	B8	10,1	10,3	10,3	10,5	10,5	10,5	10,9	10,9	10,9
4	B7	9,9	9,9	9,9	10,3	10,3	10,3	10,4	10,4	10,4
5	B8	10,4	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9
6	B7	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	9,9	9,9	9,9
7	B8	10	10,3	10,4	10,4	10,4	10,5	10,9	10,9	10,5
8	B8	10	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
9	B7	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
154 dias		Acompanhamento - ciclo 11								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B7	22,3	22,4	22,3	22,1	21,9	21,9	20,9	20,9	20,9
2	B8	21,4	21,5	21,5	20,8	20,9	20,9	20,8	20,6	20,6
3	B8	21,5	21,5	21,5	20,8	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9
4	B7	23	23	23,1	21,3	21,2	21,1	20,9	20,9	20,9
5	B8	21,4	21,6	21,5	21	20,9	20,9	20,4	20,4	20,4
6	B7	21,9	21,9	21,9	21,4	21,6	21,6	20,4	20,4	20,4
7	B8	21,5	21,4	21,4	21,3	21,2	21,2	20,6	20,6	20,5
8	B8	21,7	21,6	21,6	21	20,9	21	21	21	20,9
9	B7	23,4	23,5	23,4	21,4	21,4	21,4	20,6	20,6	20,6
168 dias		Acompanhamento - ciclo 12 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B7	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9
2	B8	9,8	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	10,3	10,4	10,3
3	B8	10,4	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9	10,7	10,8	10,8
4	B7	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	10,3	10,4	10,3
5	B8	10,4	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9	10,8	10,8	10,8
6	B7	9,7	9,8	9,8	10,3	10,3	10,4	9,8	10,3	9,8
7	B8	10,4	10,4	10,4	10,4	10,3	10,3	10,3	10,9	10,9
8	B8	9,8	9,7	9,7	10,4	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9
9	B7	9,8	9,8	9,8	10,3	10,4	10,4	10,3	10,3	10,3

168 dias		Acompanhamento - ciclo 12								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B7	22,2	22,3	22,3	21,9	21,8	21,9	20,9	21	20,9
2	B8	21,5	21,5	21,5	21	20,9	20,9	20,5	20,6	20,5
3	B8	21,4	21,5	21,5	20,6	20,7	20,7	20,7	20,8	20,8
4	B7	22,9	22,8	22,9	21	21,1	21	20,8	20,8	20,8
5	B8	21,6	21,5	21,5	20,8	20,8	20,8	20,4	20,3	20,4
6	B7	21,3	21,5	21,4	21,5	21,3	21,3	20,4	20,4	20,4
7	B8	21,5	21,5	21,4	20,9	21,3	21	20,4	20,5	20,5
8	B8	21,5	21,6	21,5	20,9	21	21	20,9	20,9	20,9
9	B7	23,3	23,3	23,4	21,3	21,3	21,1	20,3	20,3	20,4
182 dias		Acompanhamento - ciclo 13 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B7	10,8	10,7	10,8	10,8	10,7	10,8	11,2	11,2	11,2
2	B8	10,3	10,3	10,4	10,7	10,7	10,7	10,9	11	10,9
3	B8	10,7	10,7	10,6	10,9	10,8	10,7	10,8	10,8	10,8
4	B7	10,6	10,4	10,3	10,8	10,8	10,7	10,7	10,7	10,7
5	B8	10,8	10,6	10,6	10,8	10,8	10,8	11,3	11,3	11,3
6	B7	10,5	10,3	10,3	10,8	10,8	10,8	10,3	10,3	10,3
7	B8	10,6	10,5	10,3	11	11	11	10,8	10,8	10,8
8	B8	10,3	10,3	10,4	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8
9	B7	10,3	10,3	10,3	10,8	10,8	10,7	10,7	10,7	10,7
182 dias		Acompanhamento - ciclo 13								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B7	22	21,8	22,7	22,7	22,5	22,8	20,5	20,3	20,1
2	B8	21,9	22,2	22,1	21,6	21,6	21,8	21,3	21,2	21,2
3	B8	21,7	21,9	22,3	21,2	21,2	21,2	21,3	21,2	21,4
4	B7	23,6	23,6	23,6	21,6	21,7	21,7	21,2	21,3	21,4
5	B8	22,1	22,3	22,1	21,7	21,7	21,7	20,7	20,7	20,7
6	B7	21,8	22	22	22,1	22,1	22,1	21	21	21
7	B8	22	21,7	21,7	21,5	21,7	21,7	20,8	20,8	20,8
8	B8	22,1	22,2	22,1	21,3	21,3	21,4	20,1	19,9	19,9
9	B7	23,4	23,4	23,4	22	22	22	21,2	21,2	21,2

Cimento CPV - Idade de abertura de fissuras aos 28 dias

VELOCIDADE DE PULSO ULTRASSÔNICO - PRISMAS MENORES										
ABERTURA DE FISSURAS AOS 28 DIAS										
CPV - 0,30										
Pré-fissuração										
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B1	21	20,6	20,7	20,8	20,8	20,8	20,9	20,9	20,9
2	B2	20,8	20,9	21	20,4	20,5	20,6	20,7	20,6	20,6
3	B1	20,9	20,9	20,9	20,9	20,8	20,9	21	21	21
4	B2	20,7	20,9	21	20,3	20,4	20,4	19,9	20	20
5	B1	20,7	20,6	20,5	20,8	20,7	20,7	20,5	20,5	20,5
6	B2	20,8	21,1	20,6	20,3	20,4	20,4	21	21	21
7	B1	21,2	21	21,1	20,2	20,2	20,2	20,6	20,6	20,8
8	B2	20,9	21,1	21,2	20	20,4	20,5	20,5	20,6	20,6
9	B1	20,5	20,4	20,4	21,1	21,1	21	21	21,1	21

Pós-fissuração										
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B1	35,6	35,6	35,5	32	32	32	22,5	22,5	22,5
2	B2	34,1	34	33,9	26,1	26	25,9	23,3	23,3	23,4
3	B1	34,6	34,5	35,2	33,5	33,5	33,5	24,9	24,5	24,8
4	B2	24,5	24,4	24,5	26,1	26,1	26,1	22,1	22,1	22,3
5	B1	24,2	24,2	24,7	22,8	22,9	22,8	22,9	23	22,5
6	B2	32,5	32,4	32,5	25,9	25,9	26,2	24,4	24	24,3
7	B1	35,6	35,6	35,6	22,5	22,5	22,5	22,9	22,7	22,8
8	B2	34	34,3	34,2	21,9	21,8	21,6	22,4	22,6	22,6
9	B1	23,5	23,3	23,2	31,5	31,6	31,3	39,6	39,6	39,3
14 dias		Acompanhamento - ciclo 1								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B1	31,7	31,8	31,8	31,8	31,8	31,9	21,6	21,4	21,5
2	B2	34,1	34	34,1	24,9	24,8	24,8	21,6	21,7	21,6
3	B1	29,5	29,4	29,4	29,1	29,1	29,1	22,1	22,2	22,3
4	B2	22,7	22,9	23	21,2	21,2	21,2	20,2	20,2	20,3
5	B1	34,5	34,5	34,5	21,6	21,6	21,7	20,7	20,7	20,7
6	B2	34	34,1	34,1	29	28,9	28,7	21,9	22,1	22
7	B1	31,4	31,4	31,4	21,5	21,4	21,3	21,1	20,9	21,2
8	B2	34	34	34	29,7	29,8	29,9	21,5	21,5	21,6
9	B1	29,2	29	29	30,6	30,6	30,6	32,7	32,9	32,8
28 dias		Acompanhamento - ciclo 2								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B1	29,7	19,8	19,7	30,5	30,5	30,4	20,7	20,6	20,6
2	B2	28,7	28,8	28,8	24,6	25,5	25,4	20,8	20,8	20,7
3	B1	28,9	28,5	28,4	21,2	21,1	21,6	21,6	21,7	21,7
4	B2	22,7	22,5	22,5	20,8	20,8	21,1	20,3	20,3	20,3
5	B1	21,7	21,6	21,5	21,1	21,1	21,1	20,3	20,3	20,3
6	B2	25,1	25	25,2	21,5	21,6	21,5	21,2	21,2	21,2
7	B1	28,6	28,4	28,3	21,4	21,2	21,2	21,2	21,2	21,2
8	B2	25,1	25,1	25,2	20,7	20,6	20,6	20,8	20,8	20,8
9	B1	21	20,7	20,7	21,5	21,5	21,6	27,5	27,4	27,5
42 dias		Acompanhamento - ciclo 3								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B1	33,3	33,3	33,3	25,5	25,4	25,4	20,3	20,3	20,4
2	B2	25	25,1	25,3	22,1	22	22	20,9	20,9	20,9
3	B1	28,1	28,1	28	24,9	25	25	21,3	21,5	21,3
4	B2	22,3	22,4	22,4	20,3	20,4	20,6	19,9	19,9	19,9
5	B1	22	22	22	21,3	21,2	21,3	19,9	19,9	19,9
6	B2	24,9	24,6	24,8	21,7	21,7	21,7	21,3	21,3	21,3
7	B1	33,7	33,6	33,6	32,6	32,3	32,3	20,7	20,8	20,8
8	B2	27,9	27,8	27,9	20,5	20,4	20,4	20,3	20,4	20,4
9	B1	21	21,1	21,7	21,5	21,6	21,6	29,9	29,9	29,7

56 dias		Acompanhamento - ciclo 4								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B1	29,9	29,8	29,7	22,8	22,8	22,8	18,4	18,3	18,3
2	B2	22,2	22,2	22,2	19,5	19,3	19,3	18,8	18,8	18,8
3	B1	19,4	19,4	19,4	22,5	22,4	22,4	22,9	22,9	22,9
4	B2	20,1	20,4	20,5	18,7	18,5	18,4	18	17,9	17,9
5	B1	19,6	19,6	19,6	18,8	18,8	18,8	17,9	17,9	17,9
6	B2	24,1	24	24	22,5	22,4	22,3	19,7	19,5	19,5
7	B1	27,2	27,2	27,1	18,8	18,8	18,7	18,7	18,5	18,4
8	B2	25,1	25,4	25,3	18,6	18,3	18,3	18,4	18,3	18,3
9	B1	18,4	18,4	18,4	19,2	19,2	19,2	24,6	24,3	24,3
70 dias		Acompanhamento - ciclo 5								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B1	34,6	34,5	34,6	34,5	34,5	34,4	18,5	18,7	18,6
2	B2	23,2	23,2	23,1	24	24	24	19	19	18,9
3	B1	31,1	31	31	26,2	26,2	26,1	26	25,9	25,9
4	B2	19,6	19,5	19,6	18,4	18,4	18,4	17,9	17,9	17,9
5	B1	20	20	20	19,2	19,2	19,2	17,9	17,9	17,9
6	B2	22,5	22,5	22,5	19,5	19,6	19,5	19,3	19,3	19,3
7	B1	31	31	30,9	19,2	19,1	19,2	18,8	18,9	19
8	B2	33,4	33,5	33,6	18,3	18,3	18,3	18,4	18,4	18,4
9	B1	18,7	18,7	18,7	30,5	30,6	30,5	29,3	29,3	29,3
84 dias		Acompanhamento - ciclo 6								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B1	33,9	33,8	33,8	26,1	26,1	26,1	200,3	20,3	20,3
2	B2	31,3	31,5	31,5	21,7	21,9	21,8	20,8	20,8	20,8
3	B1	32,9	32,8	32,8	24,8	24,8	24,8	27,8	27,8	27,8
4	B2	21,4	21,5	21,5	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3	20,2
5	B1	22,2	22,2	22,3	20,9	20,8	20,8	19,8	19,8	19,8
6	B2	24,6	24,6	24,6	21,7	21,6	21,6	21,2	21,2	21,1
7	B1	30,8	30,8	30,8	21	21,1	20,9	20,7	20,7	20,7
8	B2	32,8	32,8	32,8	20,6	20,7	20,6	20,4	20,3	20,3
9	B1	20,6	20,6	20,6	21,5	21,5	21,5	30,8	30,5	30,6
98 dias		Acompanhamento - semana 7								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B1	33,5	33,8	33,6	25,9	25,9	26	20,9	20,9	20,9
2	B2	29,7	29,6	29,5	21,3	21,3	21,3	20,9	20,9	20,9
3	B1	31,3	31,3	31	25,4	25,2	25,1	21,8	21,8	21,8
4	B2	21,8	21,8	21,9	20,5	20,8	20,6	20,3	20,3	20,2
5	B1	22,7	22,6	22,6	21,2	21,3	21,3	20,3	20,3	20,3
6	B2	24,9	24,9	24,9	21,9	22	21,9	21,4	21,4	21,4
7	B1	30,5	30,7	30,6	21,4	21,4	21,4	21	21,2	21
8	B2	25,2	25,2	25,3	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9
9	B1	20,8	20,9	20,9	21,9	21,9	21,9	30,9	30,9	30,9

112 dias		Acompanhamento - semana 8								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B1	34,5	34,6	34,5	26,1	26,1	26	20,8	20,8	20,8
2	B2	25,6	25,6	26	21,9	21,9	21,9	21,4	21,4	21,4
3	B1	29,9	29,8	29,5	22	21,9	22	21,7	21,7	21,7
4	B2	21,5	21,8	21,5	20,9	20,9	20,9	20,4	20,3	20,4
5	B1	22,1	22	22,1	22,2	22,1	22,1	20,4	20,4	20,3
6	B2	22,1	22	22,1	22,2	22,1	22	21,4	21,4	21,5
7	B1	30,2	30,1	30,1	21,1	21,2	21,2	21,2	21,1	21,1
8	B2	25,7	25,7	25,6	20,8	20,6	20,7	20,8	20,9	20,9
9	B1	20,6	20,5	20,5	21,7	21,8	21,9	27,2	27	27
126 dias		Acompanhamento - ciclo 9 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B1	9,9	9,8	9,9	10,4	10,3	10,4	9,9	9,9	9,9
2	B2	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9
3	B1	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	9,9	9,9	9,9
4	B2	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
5	B1	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	9,9	9,9	9,9
6	B2	9,8	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9
7	B1	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	10,4	10,3	10,3
8	B2	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	10,3	10
9	B1	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
126 dias		Acompanhamento - ciclo 9								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B1	33,7	33,5	33,5	26,2	26,1	26,1	20,9	20,9	20,9
2	B2	25,5	25,5	25,5	21,9	21,9	21,9	21,1	21,1	21,1
3	B1	29	29	28,9	22	21,9	21,8	22,2	22,2	22,2
4	B2	22,1	22,1	22,1	20,8	20,8	20,8	20,3	20,3	20,3
5	B1	23	22,7	22,8	21,4	21,4	21,4	20,4	20,3	20,4
6	B2	21	22,3	22,3	22	22	22	21,4	21,4	21,4
7	B1	31	30,8	30,8	21,3	21,4	21,3	21,4	21,3	21,3
8	B2	24,9	24,8	24,9	20,9	20,8	20,7	20,9	20,9	20,9
9	B1	20,7	20,7	20,7	21,9	21,9	21,9	25,9	25,8	25,8
140 dias		Acompanhamento - ciclo 10 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B1	10,1	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,3
2	B2	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9
3	B1	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	9,9	9,9	9,9
4	B2	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
5	B1	10,4	10	9,9	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
6	B2	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9
7	B1	10,4	10,4	10,7	10,9	10,5	10,5	10,3	10,4	10,4
8	B2	9,9	10	10	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
9	B1	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,8	10,9	10,9

140 dias		Acompanhamento - ciclo 10								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B1	31	33,9	33,9	26	26,2	26,3	21,1	21	21,1
2	B2	22,5	22,6	22,5	22	22,1	22,1	21,1	20,9	21,2
3	B1	28,8	28,7	28,9	21,9	21,9	21,9	22,2	22,1	22
4	B2	21,9	22	22	20,8	20,9	20,8	20,2	20,3	20,4
5	B1	22,4	22,4	22,6	21	21	21,2	20,2	20,3	20,3
6	B2	21,8	25,4	25,4	21,9	21,9	21,9	21,4	21,4	21,4
7	B1	30,4	30,3	30,2	21,5	21,4	21,4	21,1	21,1	21,2
8	B2	25,5	25,4	25,5	20,8	20,7	20,6	20,9	20,9	20,9
9	B1	20,9	20,8	20,8	21,9	21,8	22,1	26,6	25,7	25,7
154 dias		Acompanhamento - ciclo 11 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B1	10,3	10,3	10,3	10,7	10,6	10,6	10,4	10,4	10,4
2	B2	10,3	10,2	10,2	10,1	10,1	10,1	10,3	10,3	10,3
3	B1	10,3	10,2	10,3	10,6	10,2	10,3	10,2	10,1	10,1
4	B2	10,6	10,5	10,5	10,4	10,3	10,2	10,7	10,7	10,7
5	B1	10,3	10,3	10,3	10,7	10,7	10,4	10,4	10,4	10,4
6	B2	10	10,2	10,1	10,3	10,2	10,2	10,7	10,6	10,6
7	B1	10,3	10,2	10,1	10,3	10,2	10,2	10,7	10,6	10,6
8	B2	10,3	10,2	10,1	10,4	10,3	10,3	10,6	10,5	10,3
9	B1	10,7	11	10,8	10,8	10,8	10,8	10,9	10,9	10,9
154 dias		Acompanhamento - ciclo 11								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B1	25,5	25,6	25,2	25,5	25,6	25,6	21,6	21,6	21,6
2	B2	21	21	20,9	21,9	21,7	21,8	21,5	21,6	21,6
3	B1	25,1	25	24,9	21,6	21,7	21	20,9	22,1	22
4	B2	20,8	20,6	20,7	21,2	21,2	21,2	20,6	20,7	20,7
5	B1	23,5	24	26,3	21,8	21,9	21,9	20,7	20,7	20,7
6	B2	23	22,8	23	21	21,9	22,1	22	22	22,1
7	B1	29,4	29,5	30	20,3	20,4	20,8	21,6	21,8	21,7
8	B2	22,4	22,4	23,6	21,4	21,3	21,4	21,4	21,5	21,6
9	B1	20,1	20,2	20	21,8	21,9	21,9	24,7	23,3	23,1

VELOCIDADE DE PULSO ULTRASSÔNICO - PRISMAS MENORES										
ABERTURA DE FISSURAS AOS 28 DIAS										
CPV - 0,40										
Pré-fissuração										
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	22,3	22	22	21,2	21,5	21,6	21	21,4	21,5
2	B5	21,4	21,4	21,4	21,4	21,4	21,4	22	22	22
3	B4	21,9	21,9	21,9	21,6	21,7	21,8	21,4	21,4	21,4
4	B5	22	22	21,9	21,5	21,5	21,5	21,5	21,4	21,4
5	B4	21,9	21,9	21,9	21	21	21	21,4	21,4	21,4
6	B5	21,9	21,9	22	21,5	21,5	21,7	21,3	21,2	21,3
7	B4	21,8	21,9	21,9	21,5	21,5	21,5	21,9	21,9	22
8	B5	21,4	21,4	21,4	21,5	21,5	21,5	21,2	21,1	21,2
9	B4	21,4	21,4	21,4	22,5	22,5	22,5	21	21,1	21,1

Pós-fissuração										
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	34	34,6	33,6	22,9	22,9	23,3	23,2	23,5	23
2	B5	37,2	37,3	37,3	33,4	33,4	33,5	29,6	29,5	29,4
3	B4	40,3	40,1	40,1	23,3	23,9	23,4	23,5	24	23,9
4	B5	31,5	31,6	30,5	23,4	23,1	23	22,5	22,6	22,5
5	B4	36	36,7	36,4	25,8	26,2	26,2	23,4	23,3	23,3
6	B5	40,6	40,6	40,4	26,3	26	26	23,4	23,4	23,4
7	B4	24,5	31,1	24,5	23	22,9	22,9	22,6	22,5	22,6
8	B5	36,6	36,5	36,7	23,5	23,4	23,4	22,6	22,7	22,5
9	B4	22,8	22,6	22,8	23,4	23,5	23,6	22	22	22,2
14 dias		Acompanhamento - ciclo 1								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	28,3	28,4	28	22	21,9	21,7	21,6	21,7	21,8
2	B5	36,2	36,1	36,1	21,7	21,5	21,5	21,2	21,1	21,1
3	B4	29,7	29,6	29,6	22	22	22	21,6	21,7	21,7
4	B5	21,2	21,2	21,1	20,7	20,7	20,7	21,2	21,2	21,2
5	B4	35,2	35,2	35,2	21,7	21,9	21,9	21,3	21,2	21,2
6	B5	31,8	31,5	31,5	26	26	25,9	21,6	21,6	21
7	B4	22,5	22,4	22,3	21,2	21,2	21,3	20,7	20,7	20,7
8	B5	35,8	35,8	35,8	29,8	29,5	29,6	21,1	21,2	21
9	B4	21,9	21,1	21,2	21,8	21,8	21,7	20,8	20,8	20,8
28 dias		Acompanhamento - ciclo 2								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	22,2	22,1	22,1	21,3	21,3	21,2	20,8	20,7	20,8
2	B5	28,7	28,8	28,7	21,2	21,4	21,2	20,8	20,7	20,7
3	B4	22,4	22,4	22,4	21,1	21,3	21,2	21,4	21,2	21,2
4	B5	21,1	21,1	21,1	20,7	21	20,5	20,8	20,8	20,8
5	B4	27,1	27,1	27,1	21,4	21,2	21,1	20,8	20,7	20,8
6	B5	27	27	27	25,6	25,5	25,6	20,7	20,7	20,7
7	B4	22,1	22,2	22,1	21,3	21,3	21,2	20,8	20,8	20,8
8	B5	35	35	34,9	21,5	21,5	21,5	20,5	20,7	20,2
9	B4	20,8	20,8	20,8	21,3	21,3	21,3	20,2	20,3	20,7
42 dias		Acompanhamento - ciclo 3								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	22,5	22,2	22,2	21,3	21	20,9	20,9	20,9	20,9
2	B5	28,2	27,9	28,5	21,3	21,4	21,2	20,5	20,4	20,4
3	B4	22,3	22,2	22,5	21,3	21,3	21,3	21,2	21,3	21,3
4	B5	20,8	20,8	20,8	20,8	20,8	20,8	20,7	20,8	20,8
5	B4	26,5	26,5	26,6	21,2	21,2	21,6	20,9	20,9	21,2
6	B5	29,9	29,9	29,9	21,7	21,7	21,7	20,7	20,5	20,8
7	B4	21,8	21,7	21,8	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9
8	B5	28,5	28,6	28,4	21,4	21,7	21,7	20,4	20,4	20,3
9	B4	20,7	21,1	21	21,4	21,4	21,4	20,4	20,4	20,4

56 dias		Acompanhamento - ciclo 4								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	19,8	19,8	19,9	19,2	19,2	19,2	18,8	18,7	18,7
2	B5	25,8	25,6	25,6	19,3	19,2	19,1	18,3	18,3	18,3
3	B4	22,9	22,7	22,7	19,5	19,3	19,3	18,8	18,8	18,8
4	B5	18,8	18,8	18,8	18,4	18,4	18,4	18,4	18,3	18,3
5	B4	23,7	23,7	23,7	19,6	19,5	19,4	18,8	18,8	18,8
6	B5	24,6	24,5	24,5	19,6	19,6	19,6	18,4	18,3	18,3
7	B4	20	19,9	19,7	18,9	18,9	18,9	18,8	18,8	18,8
8	B5	25,2	25,2	25,4	19,5	19,6	19,6	18,3	18,3	18,3
9	B4	18,4	18,4	18,4	19,3	19,3	18,9	17,9	17,9	17,9
70 dias		Acompanhamento - ciclo 5								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	20,3	20,3	20,3	19,6	19,7	19,6	19,2	19,2	19,2
2	B5	25,5	26	25,8	19,1	19,2	19,2	18,8	18,8	18,8
3	B4	23,3	23,1	23,3	19,4	19,8	19,8	19,3	19,2	19,3
4	B5	18,8	18,8	18,8	18,4	18,4	18,4	18,4	18,9	18,9
5	B4	24,4	24,4	24,4	18,9	18,9	18,8	18,8	18,8	18,8
6	B5	27,5	57,5	57,4	19,7	19,7	19,7	18,9	18,9	18,9
7	B4	19,4	19,3	19,4	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9
8	B5	25,9	25,8	25,8	19,2	19,2	19,2	18,4	18,4	18,4
9	B4	18,7	18,8	18,8	19,4	19,4	19,4	18,4	18,4	18,4
84 dias		Acompanhamento - ciclo 6								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	21,8	22	21,8	20,7	20,7	20,7	21,1	21,1	21,1
2	B5	27,7	27,6	27,6	20,9	20,9	21,1	20,6	20,6	20,7
3	B4	22	22,1	22	21,2	21,1	21,2	21,2	21,2	21,2
4	B5	20,7	20,7	20,7	20,8	20,8	20,8	20,7	20,7	20,7
5	B4	26,6	26,6	26,6	21,2	21,1	21	20,7	20,7	20,7
6	B5	29,8	29,7	29,9	21,7	21,6	21,6	20,6	20,6	20,7
7	B4	21,7	21,7	21,6	20,8	20,8	20,8	20,8	20,8	20,8
8	B5	27,9	27,9	27,9	21	21	21	20,6	20,4	20,4
9	B4	20,7	20,7	20,7	21,3	21,3	21,3	20,3	20,3	20,3
98 dias		Acompanhamento - ciclo 7								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	22,3	22,4	22,4	21,8	21,7	21,8	21,3	21,3	21,4
2	B5	28,5	28,6	28,7	21,2	21,3	21,2	20,8	20,8	20,8
3	B4	22,7	22,6	22,6	21,8	21,7	21,7	21,6	21,4	21,4
4	B5	21,3	21,3	21,3	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9
5	B4	27	27	27	21,7	21,7	21,7	21,3	21,3	21,3
6	B5	30,3	30,5	30,5	22,2	22,2	22,2	21,3	21,3	21,3
7	B4	21,8	21,9	21,8	21,3	21,4	21,3	21,3	21,3	21,3
8	B5	25,4	25,5	25,5	21,7	21,7	21,8	20,7	20,7	20,7
9	B4	21	21,2	21	21,5	21,6	21,4	20,8	20,8	20,9

112 dias		Acompanhamento - ciclo 8								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	22,4	22,2	22,3	21,5	21,4	21,4	21,4	21,4	21,4
2	B5	22,3	22,4	22,4	21,2	21,2	21,3	20,8	20,8	20,8
3	B4	22,3	22,3	22,5	21,7	21,6	21,7	21,4	21,4	21,4
4	B5	21,2	21,2	21,2	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9
5	B4	24,2	24	24,1	21,5	21,6	21,6	21	21,3	21,3
6	B5	27,2	27,3	27,3	21,9	21,9	22,2	21,1	21	21
7	B4	21,8	21,7	21,9	21,4	21,5	21,4	21,4	21,3	21
8	B5	22,2	22,3	22,2	21,4	21,5	21,5	20,9	20,9	20,8
9	B4	20,9	21	21	21,4	21,4	21,4	20,5	20,5	20,5
126 dias		Acompanhamento - ciclo 9 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	10,3	10,3	9,9	10,4	10,4	10,4	9,9	10	10,3
2	B5	9,9	9,9	10	10,4	10,4	10,3	10	10,2	9,9
3	B4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
4	B5	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	10,3	10,4	10,4
5	B4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,8	10,9	10,9
6	B5	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	10,3	10,4	10,4
7	B4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,5	10,5	10,5
8	B5	10,4	10,4	10,4	10,7	10,4	10,4	10,3	10,4	10,4
9	B4	10,9	10,8	10,4	11,9	11,9	11,9	12,4	12,4	12,4
126 dias		Acompanhamento - ciclo 9								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	22,4	22,3	22,4	21,3	21,4	21,4	20,9	20,9	20,9
2	B5	21,9	21,9	21,9	21,3	21,2	21,1	20,6	20,6	20,9
3	B4	22	22,1	22,1	21,4	21,4	21,4	21,4	21,4	21,3
4	B5	21	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	21	21
5	B4	26,9	26,9	27	21,4	21,4	21,2	21	21	21,1
6	B5	27,3	27,3	27,2	21,8	21,8	21,9	21	20,9	21
7	B4	21,8	21,8	21,9	21,5	21,4	21,4	20,9	20,9	20,9
8	B5	22,3	22,3	22,1	21,4	21,3	21,4	20,6	20,5	20,6
9	B4	20,7	20,8	20,8	21,4	21,3	21,3	20,4	20,3	20,4
140 dias		Acompanhamento - ciclo 10 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10	9,9	9,9
2	B5	10	10	10	9,9	9,9	9,9	9,9	10	9,9
3	B4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
4	B5	9,9	10	9,9	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
5	B4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9
6	B5	10	9,9	10,4	10,4	10,4	10,4	9,9	9,9	9,9
7	B4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
8	B5	9,9	9,9	10	10,4	10,4	10,4	10,5	10,5	10,4
9	B4	10,5	10,4	10,4	11,9	11,9	11,9	12,4	12,4	12,4

140 dias		Acompanhamento - ciclo 10								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	22,4	22,2	22,1	21,2	21,3	21,3	21	20,9	20,9
2	B5	22,7	22,1	22,2	21,4	21,1	21,1	20,4	20,5	20,5
3	B4	22,5	22,3	22,3	21,4	21,4	21,4	21,4	21,4	21,3
4	B5	20,9	20,9	20,9	20,9	20,8	20,9	21,1	20,9	20,9
5	B4	24,2	24,3	24,2	21,3	21,2	21,4	21	21	21
6	B5	24,5	24,4	24,5	21,8	21,8	21,9	21	20,9	20,9
7	B4	21,8	21,8	21,6	21,4	21,4	21,4	20,9	20,9	20,9
8	B5	22	22	22	21,1	21,3	21,4	20,5	20,5	20,6
9	B4	20,9	20,8	20,9	21,4	21,5	21,5	20,4	20,4	20,4
154 dias		Acompanhamento - ciclo 11 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	10,7	10,6	10,6	10,7	10,7	10,7	10,7	10,6	10,5
2	B5	10,6	10,6	10,5	10,6	10,6	10,5	10,6	10,6	10,6
3	B4	10,7	10,7	10,7	11,1	11	11	10,8	10,8	10,8
4	B5	10,6	10,5	10,4	10,9	10,9	10,9	10,6	10,6	10,6
5	B4	11	10,7	10,7	10,8	10,9	10,8	11,2	11,2	11,2
6	B5	10,7	10,6	10,6	11,2	10,9	10,8	10,5	10,3	10,5
7	B4	10,7	10,7	10,7	10,8	10,8	10,8	10,5	10,8	10,8
8	B5	10,6	10,6	10,6	10,9	10,8	10,8	11	10,8	10,9
9	B4	11,2	11,2	11,2	12,8	12,8	12,8	12,7	12,6	12,6
154 dias		Acompanhamento - ciclo 11								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B4	22,7	22,7	22,6	21,7	21,9	21,8	21,2	21,2	21,5
2	B5	23,2	23	24,6	21,7	21,6	21,6	21,2	21,2	21,1
3	B4	22,5	22,8	22,5	22,1	22,1	22,3	21,9	22	22
4	B5	21,6	21,5	21,5	21,6	21,4	21,5	21,4	21,5	21,6
5	B4	26,3	26,4	26,8	21,9	21,9	21,9	21,6	21,6	21,6
6	B5	24,4	24,5	24,7	22,5	22,6	22,6	21,6	21,8	21,6
7	B4	22,5	22,6	22,5	21,7	21,7	21,9	21,3	21,6	21,7
8	B5	23,2	24,8	25,9	21,9	21,8	21,8	21,1	21,1	21,2
9	B4	21,4	21,5	21,3	22,1	22,1	22,1	21,1	21,2	21,2

VELOCIDADE DE PULSO ULTRASSÔNICO - PRISMAS MENORES										
ABERTURA DE FISSURAS AOS 28 DIAS										
CPV - 0,50										
Pré-fissuração										
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B7	21,8	21,5	21,4	20,6	20,9	20,7	20,4	20,4	20,4
2	B8	23,1	23,2	23,3	21,8	21,9	21,9	21,5	21,5	21,5
3	B7	22,5	22,5	22,5	22,7	22,3	22,4	21,4	21,4	21,4
4	B8	21,4	22,8	23,1	21,9	21,9	22	21,3	21,5	21,5
5	B7	22,4	22,8	22,9	21,5	21,5	21,6	21	21	21,4
6	B8	22,6	22,8	22,3	21,4	21,4	21,4	21,4	21,8	21,1
7	B7	22	22	21,7	21	21	21	21,1	21	21,1
8	B8	21,5	21,7	21,8	21,1	21,1	21	21	21	21,1
9	B7	22,2	22,3	22,4	21,8	21,9	22	21	21	21

Pós-fissuração										
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B7	35	35,7	35,7	32,1	32,1	31,6	22,2	22,4	22,4
2	B8	26	26,4	26,4	24,9	24,9	24,9	24	24,1	24,1
3	B7	25,5	25,5	25,4	22,9	22,7	22,7	23,1	23,1	23
4	B8	32	31,5	31,5	23,9	24	24,1	23	22,9	22,9
5	B7	31,1	31	30,8	26,8	27	26,9	23	22,5	23
6	B8	37	37,1	37,4	24	24	24	23,5	23,9	24
7	B7	32,9	32,8	32,9	25,8	26,1	26,2	23	22,8	22,9
8	B8	24,2	24,4	24,4	23,2	23,3	22,9	22,8	22,8	22,8
9	B7	38,8	38,7	38,4	27,8	28,5	28	23,1	23,1	23,3
14 dias		Acompanhamento - ciclo 1								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B7	34,1	34,1	34	27,2	27,4	27,3	20,7	21,1	21
2	B8	23,1	23,1	23,1	22,1	22,1	21,9	22	22	22,1
3	B7	28,4	28,5	28,5	21,5	21,6	21,7	21,2	21,2	21,2
4	B8	29,8	29,7	29,6	21,9	21,7	21,7	21,1	21,1	21,1
5	B7	38,3	38,8	38,1	26,2	26,3	26,3	20,7	20,7	20,8
6	B8	38,9	38,1	38	22,2	22,6	22,9	21,7	21,7	21,9
7	B7	29	29,1	29,1	26,1	26,2	26,2	21,2	21,2	21,1
8	B8	23,3	23,1	23,1	21,6	21,7	21,7	21,5	21,5	21,6
9	B7	36	35,9	35,9	28,2	28,1	28,1	21,5	21,6	21,6
28 dias		Acompanhamento - ciclo 2								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B7	30	29,9	30,1	22,8	22,8	23	20,2	20,2	20,2
2	B8	23	23	23	21,7	21,7	21,7	21,1	21,2	20,7
3	B7	23,4	23	23,1	21,2	21,7	21,2	21,2	21,1	21,1
4	B8	22,5	22,1	22,1	21,2	21,2	21,2	20,8	20,7	20,8
5	B7	26,6	26,8	26,8	22,1	22,1	22,1	20,8	20,8	20,8
6	B8	29,7	29,6	29,7	22	22	21,7	20,8	20,8	20,7
7	B7	29,5	29,4	29,3	22,5	22,4	22,3	21,3	21,2	21,2
8	B8	22,3	22,3	22,4	21,3	21,2	21,2	20,6	20,7	20,7
9	B7	25	25	25,4	27,7	27,6	27,8	21,2	20,7	21,2
42 dias		Acompanhamento - ciclo 3								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B7	29,1	29	29,1	22,2	22,2	22,2	20,3	20,3	20,3
2	B8	22,9	22,7	22,8	21,3	21,3	21,5	20,8	20,8	20,8
3	B7	23,8	23,3	23,5	21,3	21,7	21,8	21,1	21,3	21,3
4	B8	22,4	22,2	22,3	21,3	21,3	21,6	20,8	20,8	20,8
5	B7	29	29,4	29,2	21,8	22,1	22	20,4	20,4	20,4
6	B8	23,1	23,1	23,1	21,4	21,3	21,3	20,8	20,9	20,8
7	B7	26,3	26	26,1	21,8	21,7	21,7	20,9	21,2	21,3
8	B8	21,8	21,8	21,8	20,8	20,9	20,8	20,8	20,8	20,8
9	B7	29,4	29,5	29,4	22,8	22,9	23,1	20,8	20,8	20,8

56 dias		Acompanhamento - ciclo 4								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B7	27,1	27,2	27,2	20,1	20	20,1	18,4	18,3	18,3
2	B8	20,3	20,2	20,2	19,3	19,6	19,6	18,8	18,8	18,8
3	B7	20,7	20,7	20,7	19,3	19,3	19,3	18,4	18,4	18,4
4	B8	20,3	20,3	20,2	19,2	19,2	19,2	18,8	18,8	18,8
5	B7	26,3	26	25,9	19,7	19,7	19,8	18,4	18,4	18,4
6	B8	20,6	20,6	20,6	19,6	19,7	19,6	18,8	18,8	18,8
7	B7	20,1	20,1	20,1	19,3	19,3	19,3	18,4	18,3	18,4
8	B8	19,7	19,7	19,7	18,8	18,8	18,8	19,4	19,2	19,2
9	B7	23,6	23,6	23,6	20,7	20,7	20,6	18,4	18,4	18,4
70 dias		Acompanhamento - ciclo 5								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B7	21,2	21,6	21,5	19,9	19,9	19,9	18,4	18,4	18,4
2	B8	20,7	20,7	20,8	19,3	19,3	19,3	18,9	19,2	19,1
3	B7	20,7	20,7	20,6	19	19,1	19,2	18,9	18,9	18,8
4	B8	20,5	20,3	20,3	19,1	19,1	19,1	18,5	18,5	18,5
5	B7	20,7	20,6	20,6	19,8	19,8	19,8	18,4	18,4	18,4
6	B8	20,6	20,7	20,7	19,3	19,3	19,3	18,8	18,8	18,8
7	B7	20,2	20,3	20,3	19,3	19,6	19,7	18,9	18,9	18,8
8	B8	19,3	19,3	19,4	18,9	18,8	18,8	18,4	18,4	18,4
9	B7	24,4	24,3	24,2	20,7	20,6	20,7	18,8	18,8	18,8
84 dias		Acompanhamento - ciclo 6								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B7	29,9	29,9	29,9	22	22,1	21,8	20,3	20,3	20,3
2	B8	22,1	22,1	22,1	21,6	21,6	21,6	21	21,2	21,1
3	B7	22,7	22,7	22,5	20,8	20,7	20,9	20,8	20,8	20,8
4	B8	21,6	21,7	21,6	20,7	20,7	20,7	20,4	20,3	20,3
5	B7	26,7	26,6	26,7	21,6	21,8	21,6	20,3	20,3	20,3
6	B8	22,8	22,9	22,3	21,2	21,3	21,2	20,7	20,6	20,8
7	B7	22,3	22,2	22,3	21,6	21,7	21,5	20,7	20,7	20,7
8	B8	21,5	21,4	21,1	20,8	20,7	20,8	20,7	20,7	20,7
9	B7	26,4	26,4	26,3	22,5	22,4	22,5	20,7	20,7	20,7
98 dias		Acompanhamento - ciclo 7								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B7	29,7	29,9	29,8	22,4	22,2	22,3	20,8	20,8	20,9
2	B8	22,8	22,8	22,7	21,7	21,7	21,8	21,3	21,3	21,3
3	B7	23,1	23,1	23,1	21,4	21,3	21,6	21,3	21,3	21,3
4	B8	22,3	22,4	22,3	21,3	21,3	21,3	20,9	21	21
5	B7	26,5	26,6	26,5	22,3	22,3	22,2	20,9	20,9	20,9
6	B8	23	23,1	23,1	21,8	21,8	21,8	21,2	21,2	21,2
7	B7	22,7	22,7	22,7	21,9	21,9	21,9	21,3	21,3	21,3
8	B8	21,8	21,9	21,9	21,4	21,3	21,3	21,2	21,2	21,3
9	B7	23,6	23,5	23,6	22,8	22,8	22,7	21,3	21,3	21,2

112 dias		Acompanhamento - ciclo 8								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B7	23,3	23,5	23,4	22,1	22,2	22,2	20,8	20,8	20,8
2	B8	22,5	22,5	22,5	21,6	21,5	21,5	21	21,1	21
3	B7	22,5	22,5	22,5	21,4	21,4	21,4	20,9	20,9	20,9
4	B8	21,9	21,8	21,8	21,2	21,3	21,3	20,9	20,9	20,9
5	B7	23	22,9	22,8	22	22	22	20,9	20,9	20,9
6	B8	22,8	23	23	21,6	21,7	21,6	20,9	20,9	20,9
7	B7	22,3	22,5	22,4	21,6	21,5	21,5	20,9	20,9	20,9
8	B8	22,2	22,4	22,1	21,3	21,4	21,4	20,9	20,9	20,9
9	B7	23,2	23	22,9	22,6	22,7	22,7	20,9	21	21,1
126 dias		Acompanhamento - ciclo 9 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B7	9,9	9,8	9,8	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
2	B8	9,9	9,9	9,9	10,5	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9
3	B7	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	10,8	10,9	10,8
4	B8	10,4	10,2	10,2	10,5	10,9	10,4	10,9	10,9	10,9
5	B7	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
6	B8	10	10	9,9	10,3	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9
7	B7	10,4	10,3	10,3	10,4	10,3	10,2	10,4	10,4	10,4
8	B8	10,4	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9	11,2	10,9	10,9
9	B7	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	10,5	10,4	10,9
126 dias		Acompanhamento - ciclo 9								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B7	23	22,9	22,8	21,9	21,9	21,9	20,4	20,4	20,4
2	B8	22,3	22,4	22,4	21,4	21,4	21,4	21,1	21	21,1
3	B7	22,7	22,5	22,5	21,4	21,4	21,5	20,9	20,9	20,9
4	B8	22	21,9	22	21	21	21	20,9	20,8	20,7
5	B7	22,8	22,8	22,8	21,8	21,8	21,8	20,7	20,8	20,8
6	B8	22,8	22,8	22,8	21,6	21,6	21,7	21	20,9	20,9
7	B7	22,4	22,4	22,4	21,4	21,4	21,5	20,9	20,9	20,9
8	B8	21,9	21,9	21,8	21,3	21,3	21,2	20,8	20,9	20,8
9	B7	22,9	22,9	22,9	22,3	22,4	22,4	20,8	20,8	20,8
140 dias		Acompanhamento - ciclo 10 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B7	9,4	9,4	9,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,5	10,9
2	B8	9,9	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9
3	B7	10,4	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9
4	B8	10,3	10	10	10,4	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9
5	B7	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
6	B8	10	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4	10,9	10,4	10,9
7	B7	9,9	9,9	9,9	10	9,9	9,9	10,4	10,4	10,4
8	B8	10,4	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9
9	B7	9,9	10	10	10,4	10,4	10,4	10,9	10,9	10,9

140 dias		Acompanhamento - ciclo 10								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B7	23	23,3	23	21,9	21,9	21,9	20,4	20,4	20,4
2	B8	22,5	22,6	22,4	21,4	21,4	21,4	21	21	20,9
3	B7	22,5	22,4	22,4	21,3	21,3	21,3	20,9	20,9	20,9
4	B8	22	22	21,9	21	20,9	21,1	20,8	20,6	20,7
5	B7	22,9	22,6	22,9	21,6	21,7	21,7	20,7	20,8	20,8
6	B8	22,6	22,6	22,6	21,4	21,4	21,4	20,9	20,9	20,9
7	B7	22,4	22,4	22,4	21,4	21,4	21,5	21	20,9	20,9
8	B8	21,5	21,5	21,5	21,2	21,4	21,2	20,6	20,8	20,7
9	B7	22,6	22,5	22,6	22,4	22,4	22,4	20,9	20,8	20,8
154 dias		Acompanhamento - ciclo 11 - íntegro								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B7	10,2	10	10	10,7	10,7	10,7	10,9	10,6	11
2	B8	10,5	10,3	10,4	11	11	10,8	11,2	11,2	11,2
3	B7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,8	10,9	11,2	11,2	11,2
4	B8	10,7	10,7	10,7	10,7	10,8	10,9	10,8	10,8	10,8
5	B7	10,7	10,7	10,7	10,9	10,8	11,1	11,7	11,7	11,3
6	B8	10,6	10,4	10,3	10,7	10,7	10,7	11,2	11,1	11
7	B7	10,3	10,5	10,5	10,7	10,6	10,5	10,9	10,7	10,8
8	B8	10,8	10,8	10,8	11,3	11,3	11,3	11,4	11,5	11,4
9	B7	10,3	10,3	10,2	10,8	10,8	10,8	11,2	11,1	11,1
154 dias		Acompanhamento - ciclo 11								
CP'S	Betonada	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
1	B7	23,5	23,4	23,3	22,6	22,5	22,7	21,1	21	21,1
2	B8	22,3	22,2	22,2	20,1	21,9	22,1	21,6	21,7	21,8
3	B7	23,5	23,4	23,5	22	22,1	22,1	21,6	21,4	21,6
4	B8	21,9	21,8	21,5	21,7	21,7	21,7	21,2	21,5	21,5
5	B7	22,6	22,7	22,9	22,5	22,5	22,5	21,1	21,2	21,2
6	B8	20,5	21,2	21,2	22,1	22,1	22,1	21,4	21,5	21,5
7	B7	19,9	20,7	20,1	20,8	22,5	22,3	21,5	21,5	21,6
8	B8	22,1	22,2	22,5	21,9	21,8	21,7	21,3	21,3	21,4
9	B7	21,6	21,9	22	21,8	21,9	22	21,4	21,4	21,5

APÊNDICE E – Imagens compiladas de microscopia ótica

