

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE CONSTRUÇÃO CIVIL –  
PPGECC

ÍCARO MARIANI RIBEIRO DOS SANTOS

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE TESTEMUNHOS EXTRAÍDOS DE CONCRETO:  
EFEITO DO DIÂMETRO, DA DIREÇÃO DE EXTRAÇÃO E DAS CLASSES DE  
RESISTÊNCIA

CURITIBA  
2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE CONSTRUÇÃO CIVIL –  
PPGECC

ÍCARO MARIANI RIBEIRO DOS SANTOS

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE TESTEMUNHOS EXTRAÍDOS DE CONCRETO:  
EFEITO DO DIÂMETRO, DA DIREÇÃO DE EXTRAÇÃO E DAS CLASSES DE  
RESISTÊNCIA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil, Área de concentração em Materiais e Estruturas, Departamento de Construção Civil, Setor de tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para a obtenção de título de Mestre em Engenharia de Construção Civil.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Henrique Farias de Medeiros

CURITIBA  
2016

Santos, Ícaro Mariani Ribeiro dos

Resistência à compressão de testemunhos extraídos de concreto: efeito do diâmetro, da direção de extração e das classes de resistência / Ícaro Mariani Ribeiro dos Santos. – Curitiba, 2016.

237 f. : il.; tabs.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil.

Orientador: Marcelo Henrique Farias de Medeiros

Bibliografia: p.128-134

1. Concreto. 2. Concreto de alta resistência. I. Medeiros, Marcelo Henrique Farias de. II. Título.

CDD 620.138

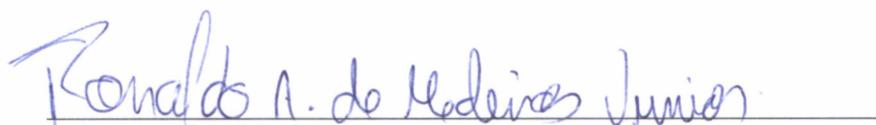
## TERMO DE APROVAÇÃO

ÍCARO MARIANI RIBEIRO DOS SANTOS

### RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE TESTEMUNHOS EXTRAÍDOS DE CONCRETO: EFEITO DO DIÂMETRO, DA DIREÇÃO DE EXTRAÇÃO E DAS CLASSES DE RESISTÊNCIA

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Construção Civil, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil da Universidade Federal do Paraná, pela banca examinadora formada pelos professores:

  
Prof. Dr. Marcelo Henrique Farias de Medeiros (Orientador)  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil da UFPR.

  
Prof. Dr. Ronaldo Alves de Medeiros Junior  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil da UFPR.

  
Prof. Dr. Paulo Roberto do Lago Helene  
Departamento de Construção Civil da Universidade de São Paulo.

  
Eng. M. Sc. Jorge Luiz Christófolli  
Gerente Técnico da Concrebras.

Curitiba, 20 de junho de 2016

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Federal do Paraná que, após me possibilitar uma graduação em Engenharia Civil, me habilita a realização de um Mestrado em Engenharia de Construção Civil.

À Concrebras, empresa da Cia. de Cimento Itambé, por ter se interessado no estudo e ajudado fornecendo o concreto e espaço para realização deste trabalho.

Ao professor orientador Dr. Marcelo Medeiros, pelos ensinamentos, contribuições, colaborações e por ter me incentivado a iniciar na área do concreto e pesquisa, sendo meu orientador tanto na graduação quanto neste mestrado, muito obrigado.

Ao Gerente Técnico da Concrebras, Eng. Jorge Christófolli, pelos ensinamentos e pela oportunidade de aprender e adquirir experiência na área do concreto e pelos conselhos dados no transcorrer deste estudo.

À Bianco Concreto, por ter acreditado na relevância deste estudo e realizado os ensaios de retífica e rompimento de todas as amostras. Agradecimento especial ao Celso, Edson, Eng. João e ao Eng. Mauro.

Ao tecnólogo Douglas e ao técnico Zico, por terem me ajudado na “monstruosa” quantidade de extrações e em todas as concretagens, não foi fácil, por isto muito obrigado.

À Francielle Rocha pelas opiniões, suporte e parceria.

Ao Francisco da ChicoMix, que gentilmente cedeu os vibradores de imersão.

Aos meus pais, Marilza e Uirassú, por tudo que fizeram por mim e por terem me dado educação e exemplos de caráter, dignidade e honestidade. Também à minha tia e madrinha Içara que sempre acreditou em mim, tendo-me como um filho.

Aos meus irmãos Andrei e Ângela, pelo companheirismo de uma vida, pelo incentivo e palavras de apoio.

A todos os colegas do PPGECC da UFPR, em especial à Carol e Lauri, pelo coleguismo, troca de informações e experiências ao longo deste mestrado.

Aos meus amigos de uma vida toda, Alyson, Cristian, Jair, José, Majed, Murilo e Thiago, que fizeram parte deste processo, me incentivando e apoiando.

À Amanda pela paciência e apoio durante as intermináveis noites de escritas, pesquisas e análises, onde a prioridade era este trabalho.

Ao meu amigo João Arthur, pelas palavras e motivação, que certamente ajudaram no foco para a realização deste estudo.

Por fim, a Deus.

*Em memória de meu avô Flávio, voluntário na Segunda Guerra Mundial, fonte de inspiração e exemplo de caráter.*

*“Eu não tenho ídolos, tenho admiração por trabalho, dedicação e competência”*

(Ayrton Senna)

SANTOS, I. M. R. **Resistência à compressão de testemunhos extraídos de concreto: Efeito do diâmetro, da direção de extração e das classes de resistência.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo principal avaliar a resistência à compressão de testemunhos extraídos de concreto em diferentes diâmetros, direções de extração e classes de resistência, comparando-os com corpos de prova moldados e curados sob diferentes condições. A NBR 7680 foi revisada em 2015, contendo agora parâmetros de correção quanto à relação  $h/d$  (altura/diâmetro), diâmetro de extração, direção de extração e umidade do testemunho, representando um grande avanço na quantificação dos resultados corrigidos. A pesquisa contemplou a análise de concretos das classes 20, 30, 40 e 45 MPa, sendo que para cada classe foram moldados corpos de prova curados sob três diferentes condições, sendo estas: 1 - cura normatizada (NBR 5738 (2015)); 2 - cura ao ar; 3 - cura em tanque externo. Para cada tipo de cura, foram moldados 10 corpos de prova, gerando 30 corpos de prova por evento de concretagem, totalizando 120 em todas as classes. Também para cada classe de resistência foram moldados dois blocos de concreto, para extrações paralelas e ortogonais à concretagem, nos diâmetros de 100 mm, 75 mm, 50 mm e 25 mm, gerando 60 testemunhos por evento e 240 aproximadamente no universo de estudo. Os resultados mostraram que extrações de 100 mm tem em média uma redução na resistência à compressão de 9%, ao passo que as de 75 mm geram reduções médias de 11%. No diâmetro de 50 mm a análise constatou que nos fcks de 20 a 40, a redução média de resistência é de 3%. Nos testemunhos de 25 mm, em todos os casos os resultados foram maiores do que seu referencial de corpo de prova, gerando um ganho de resistência médio de 20%. O estudo também concluiu que existe uma tendência de redução da diferença de resultados entre corpos de prova moldados e testemunhos extraídos, com o aumento da classe de resistência. Comparando-se as extrações paralelas e ortogonais à direção de lançamento do concreto, foi constatada uma perda de resistência média de 7,4% das extrações ortogonais. O estudo comprovou por meio de análises de correlação os bons índices de regressão linear entre as amostras estudadas, outrossim, também foi analisada a eficácia dos ensaios complementares de esclerometria e ultrassom, encontrando também ótimos índices de correlação com a resistência e com a qualidade do concreto, assim provando a boa alternativa de análises preliminares por meio destes ensaios.

Palavras Chave: Concreto. Testemunhos. Resistência à compressão.

SANTOS, I. M. R. **Compressive strength of concrete cores: Effect of diameter, direction of extraction and strength class.** Dissertation (Master of Science Degree on Construction Engineering) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

## ABSTRACT

This work aimed to evaluate the compressive strength of concrete cores extracted in different diameters, extraction directions and strength class, comparing them with molded specimens and cured under different conditions. The standard NBR 7680 was revised in 2015, now containing correction parameters as the  $l/d$  (length/diameter) ratio, extraction diameter, direction of extraction and humidity of the core, representing a major advance in quantifying the corrected results. The research included the analysis of the strength class 20, 30, 40 and 45 MPa, and for each class were molded specimens cured under three different conditions: 1 - normalized cure (NBR 5738 (2015)); 2- air curing; 3- external tank cure. For each type of cure, 10 specimens were molded, generating 30 specimens by concreting event, totaling 120 in all events. Also for each strength class were molded two concrete blocks for parallel and orthogonal extractions, in diameters of 100mm, 75mm, 50mm and 25mm, generating 60 concrete cores per event and 240 in total. The results showed that 100mm cores has an average reduction in the compressive strength of 9%, whereas the 75mm generates average reductions of 11%. In 50mm cores, the analysis found that the medium strengths (20 to 40 MPa) the average strength reduction is 3%. The 25mm cores showed in all cases that the results were higher than its reference specimen, generating an average strength gain of 20%. The study also concluded that there is a tendency of reducing the difference in results between molded specimens and cores, with increasing strength class. Comparing the parallel and orthogonal extractions, a loss average strength of 7,4% of the orthogonal extraction was observed. The study proves by correlation analysis the good rates of linear regression of the samples studied. This work has also examined the effectiveness of supplementary tests as the rebound hammer and ultrasonic pulse velocity, also finding great correlation coefficients with the strength and quality of concrete, thus proving a good alternative to preliminary analysis.

Key Words: Concrete. Cores. Compressive Strength.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>VIII</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>XI</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....</b>	<b>XIII</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
1.1 IMPORTÂNCIA DO TEMA .....	17
1.2 OBJETIVO .....	18
1.3 JUSTIFICATIVA .....	18
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>21</b>
2.1 HISTÓRICO .....	21
2.2 CRITÉRIOS DE SEGURANÇA NAS ESTRUTURAS .....	23
2.3 IMPORTÂNCIA DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO NO CONCRETO .....	27
2.4 AVALIAÇÃO INDIRETA DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO EM ESTRUTURAS ACABADAS .....	30
2.4.1 Avaliação da dureza superficial por esclerometria .....	33
2.4.2 Ensaios de arrancamento .....	35
2.4.3 Ensaios de ultrassom.....	36
2.4.4 Ensaios de resistividade elétrica .....	37
2.4.5 Métodos combinados .....	38
2.5 EXTRAÇÃO DE TESTEMUNHOS DE CONCRETO .....	39
2.5.1 Referências normativas e recomendações .....	41
a) ACI 214.4R (2011) .....	42
b) BS EN 12504 (2009) .....	43
c) ASTM C 42 (2013).....	45
d) NBR 7680 (1983) .....	47
e) NBR 7680 (2007) .....	47
f) NBR 7680 (2015) .....	49
2.5.2 Cuidados necessários à extração de testemunhos .....	53
2.5.3 Fatores que afetam a resistência de testemunhos de concreto.....	54
a) Diâmetro dos testemunhos .....	56
b) Relação altura / diâmetro ( $h/d$ ) .....	58
c) Presença de armadura .....	60

d)	Condições de umidade.....	62
e)	Direção da extração em relação à concretagem.....	63
f)	Efeitos de broqueamento .....	65
g)	Resistência e idade do concreto.....	65
2.5.4	Reparo dos locais de extração.....	66
<b>3</b>	<b>PROGRAMA EXPERIMENTAL.....</b>	<b>68</b>
3.1	MATERIAIS.....	68
3.1.1	Cimento Portland .....	68
3.1.2	Agregados .....	69
3.1.3	Aditivo plastificante.....	70
3.1.4	Dosagem do Concreto.....	70
3.2	PLANEJAMENTO DO EXPERIMENTO.....	71
3.2.1	Método de avaliação .....	72
a)	Parâmetros fixados .....	73
b)	Variáveis independentes .....	74
c)	Variáveis dependentes .....	74
d)	Variáveis intervenientes .....	74
3.2.2	Método de análise estatística .....	75
3.2.3	Quantidade de corpos de prova e testemunhos.....	75
3.2.4	Lotes de concreto .....	77
3.2.5	Projeto das formas .....	77
3.2.6	Moldagem dos blocos e corpos de prova.....	80
3.2.7	Extrações de testemunhos.....	82
3.2.8	Preparação das amostras .....	84
3.2.9	Ensaio de resistência à compressão .....	84
3.3	ENSAIOS COMPLEMENTARES.....	85
3.3.1	Esclerometria .....	86
3.3.2	Ultrassom .....	86
3.4	DIFICULDADES ENCONTRADAS NO PROGRAMA EXPERIMENTAL .....	87
3.4.1	Extrações dos testemunhos .....	88
3.4.2	Ensaio complementares.....	89
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>90</b>
4.1	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO .....	90
4.2	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	98

4.2.1	Eliminação dos valores discrepantes (outliers).....	98
4.2.2	Comparativo moldado/extraído R(M/E) .....	100
a)	Lote 01 – fck 20.....	106
b)	Lote 02 – fck 30.....	108
c)	Lote 03 – fck 40.....	109
d)	Lote 04 – fck 45.....	110
4.2.3	Comparativo extração paralela/ortogonal R(E1/E2).....	111
4.2.4	Comparativo tipos de moldagem .....	113
4.3	ANÁLISE MÚLTIPLA DAS MÉDIAS - EFEITOS DO DIÂMETRO E DIREÇÃO DE EXTRAÇÃO .....	114
4.3.1	Diâmetro 100 mm x direções de extração .....	115
4.3.2	Diâmetro 75 mm x direções de extração .....	116
4.3.3	Diâmetro 50 mm x direções de extração .....	117
4.3.4	Diâmetro de 25 mm x direções de extração.....	118
4.3.5	Correlações direções de extração.....	119
4.4	ENSAIOS COMPLEMENTARES.....	121
4.4.1	Esclerometria .....	121
4.4.2	Ultrassom.....	123
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>124</b>
5.1	CONCLUSÕES .....	124
5.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	126
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>128</b>
	<b>APÊNDICE A – VERIFICAÇÃO DOS VALORES DISCREPANTES .....</b>	<b>135</b>
	<b>APÊNDICE B – ANÁLISES DE DIFERENÇA ENTRE MÉDIAS, R(M/E), R(E1/E2) E R(M/M).....</b>	<b>148</b>
	<b>APÊNDICE C – RESULTADOS INDIVIDUAIS DOS CORPOS DE PROVA MOLDADOS E TESTEMUNHOS EXTRAÍDOS. ....</b>	<b>211</b>
	<b>APÊNDICE D – ENSAIOS DE DUREZA SUPERFICIAL - ESCLEROMETRIA .....</b>	<b>217</b>
	<b>APÊNDICE E – RESULTADOS DOS ENSAIOS DE ULTRASSOM.....</b>	<b>221</b>
	<b>APÊNDICE F – PROJETOS DOS BLOCOS (LOCALIZAÇÃO DAS FURAÇÕES)..</b>	<b>223</b>
	<b>ANEXO A – CERTIFICADOS DE CALIBRAÇÃO E VERIFICAÇÃO.....</b>	<b>230</b>
	<b>ANEXO B – TEMPERATURAS MÁXIMAS, MÍNIMAS E UMIDADE RELATIVA DO AR. 237</b>	

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Curva de Gauss utilizada no cálculo de segurança de estruturas de concreto. ....	24
Figura 2 – Efeito Rüsçh. ....	26
Figura 3 – Controle da resistência à compressão do concreto no tocante ao controle tecnológico das estruturas de concreto. ....	28
Figura 4 – Resistência à compressão – real ou efetiva x potencial. ....	29
Figura 5 – Etapas de uma investigação. ....	31
Figura 6 – Esclerômetro de Schmidt ou de reflexão. ....	34
Figura 7 – Equipamento utilizado no ensaio de arrancamento. ....	35
Figura 8 – Tipos de avaliação da velocidade de propagação da onda ultrassônica – (a) Direta; (b) Semi Direta; (c) Indireta. ....	37
Figura 9 – Método das quatro pontas (Wenner) ....	38
Figura 10 – Broca tipo copo com ponta contendo fragmentos de zircônio. ....	40
Figura 11 - Equipamento extrator de testemunhos sendo aplicado em uma pesquisa na UFPR. ....	40
Figura 12 – Fluxograma da análise dos resultados de extração. ....	53
Figura 13 – Testemunhos confeccionados com colagem de partes extraídas. ....	60
Figura 14 – Direção de extrações – a) ortogonal ao lançamento do concreto; b) mesmo sentido de lançamento do concreto. ....	64
Figura 15 – Sequência de execução do reparo via argamassa seca ( <i>dry pack</i> ) segundo a NBR 7680 (2015). ....	67
Figura 16 – Distribuição granulométrica das areias. ....	69
Figura 17 – Distribuição granulométrica das Britas. ....	70
Figura 18 – Fluxograma dos ensaios realizados com as amostras de concreto. ....	73
Figura 19 – Esquemática dos tipos de extração. ....	73
Figura 20 – Local destinado à moldagem dos blocos de concreto. ....	77
Figura 21 – Forma para extrações paralelas (esq.) e representação com furações (dir.) ....	78
Figura 22 – Forma para extrações ortogonais (esq.) e representação com furações (dir.) ....	78
Figura 23 – Exemplo de planta do bloco utilizado para extrações na mesma direção de lançamento do concreto (unidades em cm). ....	78
Figura 24 – Exemplo de planta do bloco utilizado para extrações na direção ortogonal ao lançamento do concreto (unidades em cm). ....	79

Figura 25- Ensaio de abatimento do tronco de cone (slump test) .	80
Figura 26- Ensaio de ar incorporado. ....	80
Figura 27 – Lançamento do concreto em um dos eventos de concretagem. ....	81
Figura 28 – Cura dos blocos com manta bidim. ....	81
Figura 29 – Moldagem dos corpos de prova. ....	82
Figura 30 – Demarcação dos locais de extração no bloco. ....	82
Figura 31 – Extrações de testemunhos na direção do lançamento (esq.) e ortogonal ao lançamento (dir.).....	83
Figura 32 – Detalhe de uma extração sendo realizada. ....	83
Figura 33 – Acondicionamento dos corpos de prova e testemunhos para traslado até o laboratório de ensaios. ....	83
Figura 34 – Retífica automatizada utilizada para regularização de superfície das amostras. ...	84
Figura 35 – Corpos de prova e testemunhos antes do ensaio de resistência à compressão. ....	85
Figura 36 – Rompimento de um testemunho de 25mm. ....	85
Figura 37 – Ensaio de esclerometria em um dos blocos.....	86
Figura 38 – Ensaio de ultrassom (método indireto). ....	87
Figura 39 – Ensaio de ultrassom (método semi-direto).....	87
Figura 40 – Resistências médias à compressão – Lote 01 fck 20.....	92
Figura 41 – Resistências médias à compressão – Lote 02 fck 30.....	92
Figura 42 – Resistências médias à compressão – Lote 03 fck 40.....	93
Figura 43 – Resistências médias à compressão – Lote 04 fck 45.....	93
Figura 44 – Coeficientes de variação – Lote 01 fck 20. ....	94
Figura 45 – Coeficientes de variação – Lote 02 fck 30. ....	94
Figura 46 – Coeficientes de variação – Lote 03 fck 40. ....	94
Figura 47 – Coeficientes de variação – Lote 04 fck 45. ....	95
Figura 48 – Comparação de testemunhos x moldagem normatizada (classes de resistência)..	96
Figura 49 – Correlação entre os tipos de cura dos corpos de prova moldados.....	97
Figura 50 – Comparação R(M/E) em diferentes classes de resistência.....	105
Figura 51 – Média relações R(M/E) em diferentes classes de resistência.....	106
Figura 52 – Variação de R(M/E) para extração ortogonal e extração na direção do lançamento do concreto, Lote 01 – fck 20. ....	106
Figura 53 – Variação de R(M/E) para extração ortogonal e extração na direção do lançamento do concreto, Lote 02 – fck 30. ....	108
Figura 54 - Gráfico comparativo R(M/E) Lote 03 – fck 40. ....	109

Figura 55 - Gráfico comparativo R(M/E) Lote 04 – fck 45. ....	110
Figura 56 – Comparativo de resistência de extrações por diâmetro x classe de resistência... ..	114
Figura 57 – Comparativo dos diâmetros de extração de 100 mm. ....	115
Figura 58 – Comparativo de diâmetros de extração de 75 mm. ....	116
Figura 59 - Comparativo dos diâmetros de extração de 50 mm.....	117
Figura 60 - Comparativo diâmetros de extração de 25 mm. ....	119
Figura 61 – Correlação - extrações na direção de lançamento x corpos de prova normatizados. .....	119
Figura 62 – Correlação – extrações ortogonais ao lançamento x corpos de prova normatizados.....	120
Figura 63 – Correlação – extrações paralelas x ortogonais ao lançamento.....	120
Figura 64 – Correlação global – Extrações paralelas x ortogonais ao lançamento. ....	121
Figura 65 – Comparativo de resistência corpos de prova normativos x resistência estimada por esclerometria.....	122
Figura 66 – Correlação entre moldagens e índice esclerométrico.....	122
Figura 67 – Correlação entre moldagens e velocidade de pulso ultrassônico.....	123

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação dos concretos para fins estruturais por classe de resistência. ....	27
Tabela 2 – Justificativa e escopo de ações para análise de resistência à compressão do concreto. ....	32
Tabela 3 – Ensaio não destrutivo para avaliar estruturas de concreto.....	33
Tabela 4 – Comparativo entre métodos destrutivos, não destrutivos e combinados. ....	39
Tabela 5 – Fatores envolvidos na interpretação de resultados por diferentes normas. ....	41
Tabela 6 – Coeficientes de correção $F_{dia}$ segundo o ACI 214.R (2011).....	43
Tabela 7 – Coeficientes de correção $F_{tc}$ segundo o ACI 214.R (2011).....	43
Tabela 8 – Fator de correção $h/d$ segundo a ASTM C 42 (2013).....	46
Tabela 9 – Coeficientes de correção $h/d$ segundo a NBR 7680 (1983).....	47
Tabela 10 – Coeficientes de correção $h/d$ segundo a NBR 7680 (2007).....	48
Tabela 11 – Formação de lotes e quantidade de testemunhos a serem extraídos segundo a NBR 7680 (2015). ....	51
Tabela 12 – Valores do coeficiente $k_1$ segundo a NBR 7680 (2015).....	51
Tabela 13 – Valores do coeficiente $k_2$ de efeito de broqueamento em função do diâmetro do testemunho segundo a NBR 7680 (2015).....	52
Tabela 14 – Efeito do tamanho do agregado e do diâmetro dos testemunhos, na resistência à compressão. ....	57
Tabela 15 – Coeficientes de correção devido à relação altura / diâmetro ( $h/d$ ). ....	59
Tabela 16 – Recomendações para testemunhos com presença de armaduras. ....	61
Tabela 17 – Relação entre a resistência de testemunhos rompidos secos e saturados. ....	62
Tabela 18 – Relação entre a resistência de testemunhos extraídos paralelamente e ortogonalmente à direção de concretagem. ....	64
Tabela 19 – Características físicas e químicas do cimento CP IV-32.....	68
Tabela 20 - Traços de concreto utilizados. ....	71
Tabela 21 – Histórico mensal de temperaturas da cidade de Curitiba.....	72
Tabela 22 – Resumo do quantitativo de corpos de prova.....	76
Tabela 23 – Resumo do quantitativo de testemunhos. ....	76
Tabela 24 – Matriz de ensaio de um bloco com extrações na mesma direção de lançamento do concreto. ....	79

Tabela 25 – Matriz de ensaio de um bloco com extrações na direção ortogonal de lançamento do concreto. ....	80
Tabela 26 - Quadro resumo das resistências médias, e parâmetros estatísticos dos corpos de prova moldados e testemunhos extraídos. ....	91
Tabela 27 – Resumo eliminação valores discrepantes – Evento 01 (fck 20). ....	98
Tabela 28 – Resumo eliminação valores discrepantes – Evento 02 (fck 30). ....	98
Tabela 29 – Resumo eliminação valores discrepantes – Evento 03 (fck 40). ....	99
Tabela 30 – Resumo eliminação valores discrepantes – Evento 04 (fck 45). ....	99
Tabela 31 – Análises ANOVA 01 a 12. Lote 01 (fck 20 – Paralelo ao lançamento). ....	100
Tabela 32 – Análise ANOVA 13 a 24. Lote 01 (fck 20 – Ortogonal ao lançamento). ....	101
Tabela 33 - Análise ANOVA 25 a 36. Lote 02 (fck 30 – Paralelo ao lançamento). ....	101
Tabela 34 - Análise ANOVA 37 a 48. Lote 02 (fck 30 – Ortogonal ao lançamento). ....	102
Tabela 35 - Análise ANOVA 49 a 60. Lote 03 (fck 40 – Paralelo ao lançamento). ....	102
Tabela 36 - Análise ANOVA 61 a 72. Lote 03 (fck 40 – Ortogonal ao lançamento). ....	103
Tabela 37 - Análise ANOVA 73 a 84. Lote 04 (fck 45 – Paralelo ao lançamento). ....	103
Tabela 38 - Análise ANOVA 85 a 96. Lote 04 (fck 45 – Ortogonal ao lançamento). ....	104
Tabela 39 – Resumo das relações entre corpos de prova moldados e testemunhos extraídos. ....	104
Tabela 40 - Análises ANOVA 97 a 112 – Comparativo direções de extração. ....	112
Tabela 41 - Análises ANOVA 113 a 124 – Comparativo moldagens. ....	113

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

- a/c – Relação água cimento
- ACI – American Concrete Institute
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ANOVA – Análise de variância
- ASTM – American Society for Testing and Materials
- BS – British Standard
- CDC – Central dosadora de concreto
- cm – Centímetro
- CP – Corpo de prova
- CP – Cimento Portland
- Dm<sub>máx</sub> – Diâmetro máximo característico
- EN – European Standard
- E - Extração
- E1 – Extração na direção paralela ao lançamento do concreto
- E2 – Extração na direção ortogonal ao lançamento do concreto
- f<sub>ck</sub> – Resistência característica do concreto à compressão
- f<sub>ck,ef</sub> – Resistência efetiva característica do concreto à compressão
- f<sub>c,ext,j</sub> – Resistência à compressão do concreto extraído
- g - grama
- h/d – Relação altura/diâmetro
- IE – Índice esclerométrico
- kg – Quilograma
- k1 – Coeficiente de relação h/d (NBR 7680:2015)
- k2 – Coeficiente referente ao diâmetro (NBR 7680:2015)
- k3 – Coeficiente referente à direção de extração (NBR 7680:2015)
- k4 – Coeficiente referente à umidade do testemunho (NBR 7680:2015)
- L – Litros
- MPa – Megapascal
- MPa/s – Megapascal por segundo
- mm – Milímetro
- m<sup>2</sup> - Metro quadrado

$m^3$  - Metro cúbico

M – Corpo de prova moldado

M1 – Corpo de prova moldado curado normatizado

M2 – Corpo de prova moldado curado ao ar

M3 – Corpo de prova moldado curado em tanque externo

NBR – Norma Brasileira

PPGECC – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Construção Civil

RAA – Reação Álcali Agregado

RES – Resistividade Elétrica Superficial

$R_{(M/E)}$  – Relação moldado/extraído

$R_{(E1/E2)}$  – Relação extração paralela/ortogonal

$R_{(M/M)}$  – Relação entre tipos de cura

$R^2$  - Coeficiente de determinação

UR% - Umidade relativa do ar.

$^{\circ}C$  – Graus Celsius

$\emptyset$  - Diâmetro

$\gamma_{c2}$  - Coeficiente correspondente ao efeito de broqueamento

$\rho$  – Massa específica aparente do concreto

v – Velocidade ultrassônica

## 1 INTRODUÇÃO

Dentre vários métodos utilizados para a avaliação de resistência do concreto de uma estrutura, o ensaio de compressão em corpos de prova cilíndricos (NBR 5739 (2007)) efetuado em testemunhos extraídos, é reconhecidamente o mais confiável e preciso entre os métodos de inspeção (ACI 214.4r-(2011)), BS 6089 (1981)). No Brasil, o processo de extração é normatizado pela NBR 7680 (2015), servindo para avaliar se o concreto lançado adequa-se ao critério de aceitação da NBR 12655 (2015).

Desse modo, a extração de testemunhos de estruturas acabadas é feita quando existem dúvidas quanto à resistência e o desempenho do concreto lançado, seja por resultados de ensaios laboratoriais abaixo do esperado, durante o controle tecnológico, ou por sinais de deterioração do concreto. Geralmente seu uso se dá quando há não conformidade de lotes de controle ( $f_{ck,est} < f_{ck}$ , de acordo com a NBR 12655 (2015)), nos resultados obtidos em corpos de prova moldados e rompidos. Nesse caso, a NBR 6118 (2014) recomenda a verificação da resistência do concreto *in loco*, por meio de testemunhos (NBR 7680 (2015)), balizada pelas diretrizes da NBR 12655 (2015).

A extração de testemunhos pode servir também para analisar o estado atual de uma estrutura e sua durabilidade: as amostras obtidas podem ser objetos de análises em laboratório para determinação da qualidade do concreto; determinar a profundidade da frente de carbonatação e da penetração de cloretos; diagnosticar a expansão decorrente de reações álcali-agregados (RAA); determinar propriedades físicas e mecânicas como a densidade, absorção de água, resistência à tração, permeabilidade, abrasão, resistividade, módulo de elasticidade, entre outras. Exemplos de trabalhos nesta área de inspeção empregando extração de testemunhos são os de Medeiros *et al.* (2014) (A) e Hoppe Filho *et al.* (2014), o primeiro focado em um trabalho de inspeção em uma edificação próxima ao mar no Rio de Janeiro, Brasil, e o segundo focado em uma inspeção para mensurar o grau de degradação do concreto de uma estação de tratamento de esgoto (ETE) na cidade de Curitiba, Brasil.

Segundo Neville (2001), outras razões podem implicar na necessidade de extração de testemunhos, como a necessidade de submeter uma estrutura acabada a novas solicitações de tensões, ou a verificação da resistência de uma estrutura acabada de modo a definir a máxima capacidade de carga. Também pode acontecer na necessidade de verificar se a integridade de um determinado concreto não foi afetada por microfissuração, exposição ao fogo ou a qualquer agente deletério.

Embora o ensaio de resistência à compressão baseada em corpos de prova extraídos seja um processo relativamente simples de se realizar, os resultados obtidos (comparado aos moldados) podem apresentar consideráveis discrepâncias por causa da variedade de parâmetros condicionantes. Neville (2001) ressalta que existem razões para estas diferenças, tais como variação no adensamento do concreto na estrutura e aos danos aos corpos de prova no traslado ao laboratório, baixas temperaturas nas primeiras idades, cura mal feita ou até mesmo ensaio de compressão realizado incorretamente. Tais fatores intervenientes irão gerar desvios que provavelmente afetarão a análise da resistência à compressão tanto de testemunhos extraídos como de corpos de prova moldados.

Outras características específicas de testemunhos de concreto também geram diferenças nos resultados:

- Forma, tamanho e diâmetro do testemunho;
- Relação altura/diâmetro;
- Umidade da amostra durante o ensaio;
- Diâmetro máximo característico dos agregados;
- Tipo da máquina extratora;
- Danos sofridos pelos testemunhos durante o processo de extração;
- Eficácia da compactação/adensamento durante o lançamento;
- Condições e histórico de cura da estrutura;
- Idade do concreto;
- Planicidade das superfícies em contato com as placas da máquina de ensaio;
- Taxa de carregamento, etc.

A busca da resistência efetiva do concreto dentro de um elemento está relacionada a um método de ensaio específico que seja capaz de fazer com que a resistência obtida dos testemunhos extraídos aproxime-se da resistência do concreto efetivamente lançado na estrutura. Essa resistência do concreto aplicado é necessariamente uma resistência estimada a partir de um corpo de prova normatizado. Porém, o controle tecnológico que se aplica corriqueiramente nas obras novas é realizado de forma muito peculiar e padronizada, ou seja, se referem a corpos de prova moldados e curados sob condições ideais de cura e considerando a resistência potencial como o maior valor entre as rupturas de corpos de prova do exemplar. Desse modo, para extrair testemunhos e afirmar conformidade ou não do concreto, é importante conseguir converter o valor de resistência à compressão do testemunho, obtido em uma peça real sob condições de cura natural e submetido às condições de carregamento em

serviço, em um valor equivalente ao obtido em um corpo de prova moldado nas condições normatizadas. Este é um desafio para o engenheiro envolvido na inspeção.

Para fazer isso, devem-se considerar as diferenças nas condições de cura, na idade, no grau de compactação, no diâmetro do cilindro, no fator de esbeltez, o efeito Rüsç e os possíveis danos inerentes ao trabalho de extração. É devido à possibilidade de estabelecer uma relação da resistência desse testemunho com o de um corpo de prova cilíndrico normatizado, com esbeltez  $h/d = 2,0$ , por meio de fatores de correção, que o ensaio de compressão de testemunhos de concreto tem validade (ASTM C 42 (2013)).

Este campo de atuação é o foco deste trabalho, produzir informações que possam contribuir para o entendimento dos efeitos que devem ser considerados no ato de inspeções que façam uso da técnica de extração de testemunhos para interpretar a resistência à compressão do concreto extraído de peças reais em serviço.

Este levantamento de informações se deu basicamente comparando-se corpos de prova moldados com testemunhos extraídos de concreto. Em posse das diferenças encontradas entre os procedimentos de ensaio, puderam ser calculadas as magnitudes das interferências de cada parâmetro (diâmetro, direção da extração e classe de resistência).

## 1.1 IMPORTÂNCIA DO TEMA

A extração de testemunhos de concreto se trata de um ensaio que vem sendo objeto de estudo de vários trabalhos técnicos e científicos ao longo dos anos: Haque e Gopalan (1991), Cremonini (1994), Bartlett e Macgregor (1994), Bungey *et al.* (2006), Farias (2006), Vieira Filho (2007), Helene (2011), entre outros. Por se tratar de um ensaio que possui variáveis inerentes ao processo, a quantificação dos desvios causados é difícil. Prova disto é que a norma vigente no Brasil sobre extração de testemunhos de concreto, a NBR 7680 (2015), teve mais uma atualização, segunda em menos de 10 anos. Esta atualização trouxe conceitos sobre formação de lotes de testemunhos e também abriu precedente para o uso de testemunhos de 50 mm, testemunhos estes estudados no trabalho de Vieira Filho (2007), além de coeficientes de correção referentes à relação  $h/d$ , diâmetro, direção de extração e umidade da amostra.

No trabalho de Vieira Filho (2007), todas as extrações foram realizadas na direção ortogonal ao lançamento do concreto, fator este que também será estudado neste trabalho, comparando-se com extrações na mesma direção do lançamento do concreto.

A necessidade do estudo nesta área também se dá devido à atualização dos processos construtivos com o passar dos anos. Com o controle tecnológico dos materiais a resistência média dos concretos aplicados aumentou, gerando uma redução na seção dos elementos estruturais, sendo assim quanto menor a extração realizada, menor o dano à estrutura. Surge então a necessidade da verificação dos coeficientes de correção de resistência dos testemunhos extraídos ou a proposição de novos coeficientes.

A necessidade do estudo também tem como alicerce a importância técnica e econômica que a interpretação destes resultados irá gerar. Caso este ensaio esteja sendo realizado de modo a confirmar a qualidade de um concreto em virtude de supostas baixas resistências obtidas em corpos de prova moldados e, posteriormente, seja comprovado o contrário, a economia gerada será importante. Da mesma forma ocorrerá no caso inverso, onde se comprove a resistência baixa e a necessidade de intervenção estrutural, garantindo-se a segurança e a estabilidade evitando possíveis acidentes ou colapsos estruturais e suas consequências.

## 1.2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é mensurar os efeitos da variação do diâmetro, da direção de extração e da classe de resistência no resultado final de resistência à compressão de testemunhos extraídos de concreto, comparando-os com os valores obtidos em corpos de prova moldados curados e normatizados, secos ao ar e em tanque de cura externo.

Este trabalho objetiva também comparar os resultados de resistência à compressão dos corpos de prova frente a ensaios não destrutivos de esclerometria e ultrassom, averiguando sua qualidade e a correlação entre os tipos de ensaio.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

As extrações de testemunhos de concreto têm ocorrido de maneira geral, quando, através de ensaios não destrutivos, se encontram resultados insatisfatórios. Assim, os resultados obtidos através deste estudo irão contribuir para análises a serem feitas quando do aparecimento de situações em que se necessitem operações de extração de testemunhos de concreto.

Atualmente é dado grande enfoque à durabilidade de estruturas de concreto, haja vista anteriormente se acreditar que o concreto era um material que poderia ser eterno. Com o passar do tempo e o crescimento do uso deste material aliado ao aço, formando o concreto armado, tem-se percebido que as estruturas não duram para sempre, necessitando manutenção.

Com o aumento do controle tecnológico dos materiais, da constante cobrança por redução de custos e otimização de processos construtivos, da sustentabilidade, tem-se dado grande enfoque ao controle da resistência do concreto.

Quando se faz o controle tecnológico do concreto em idades precoces e são identificadas potenciais resistências baixas previstas para os vinte e oito dias, dependendo da magnitude do seu valor, pode-se optar por realizar ensaios de avaliação e mensuração da qualidade na estrutura.. Na maioria dos casos os ensaios iniciais são qualitativos e estimativos, caracterizando-se normalmente por esclerometria, ultrassom, pull off, entre outros. No entanto, por estes ensaios não destrutivos gerarem resultados por vezes imprecisos em comparação aos de testemunhos extraídos, faz-se necessária a adoção deste procedimento.

Como já estudado no âmbito técnico, a resistência do testemunho extraído é normalmente inferior ao corpo de prova moldado, em virtude principalmente dos efeitos deletérios provenientes do processo de extração. Estes efeitos deletérios são explicados tanto conceitualmente como operacionalmente, pois se trata de um ensaio que envolve ação mecânica de corte pela ação de brocas rotativas agindo sobre a macro e micro estrutura do material. Assim, este trabalho almeja contribuir para o estudo dos efeitos que o diâmetro da broca de extração, das diferentes classes de resistência e da direção de extração tem frente aos corpos de prova moldados.

Com o avanço da tecnologia dos materiais, a resistência dos concretos utilizados estruturalmente tem crescido, desta forma as estruturas concebidas recentemente tem se tornado cada vez mais esbeltas. Como a esbeltez de estruturas acarreta a diminuição de seções de elementos estruturais, aumenta-se a dificuldade e complexidade para extrair testemunhos de diâmetros elevados pois deve-se evitar o seccionamento das barras de aço durante o processo de extração, o que pode comprometer a integridade original e afetar os resultados. Desta forma, aumenta-se também a necessidade de estudos relativos a extração de testemunhos de diâmetros reduzidos.

O diâmetro das brocas de extração foi um dos parâmetros estudados, pois, além da afirmativa anterior, tem-se como premissa que a dimensão máxima característica do agregado graúdo em relação ao diâmetro da extração, tem influência direta no resultado do ensaio.

Estudou-se a redução do diâmetro dos testemunhos para quantificar qual o grau de interferência deste parâmetro nos resultados.

A especificação das classes de resistência em projeto, variam segundo a obra, elemento estrutural, condições de exposição ambiental, etc., e sendo assim quando se necessita da extração de testemunhos, a classe de resistência do concreto em análise pode ter uma maior ou menor influência na variação do ensaio. Tendo-se posse desta premissa, a contribuição deste trabalho para análise de testemunhos extraídos de concretos com diferentes classes de resistência irá avaliar o quão significativa é a variação deste parâmetro. Também se espera que em um concreto com um nível de resistência maior, o dano gerado pelo processo de extração seja menor, sendo amparado no fato de que a própria capacidade de resistir a esforços de compressão, tração e abrasão de um concreto de maior classe de resistência é mais elevado do que um concreto de menor classe de resistência.

A análise da direção da extração de testemunhos de concreto é estudada, pois nem sempre as extrações ocorrem na mesma direção de lançamento do concreto; De fato a maior parte das extrações é realizada na direção ortogonal ao do lançamento do concreto, haja vista ensaios em pilares e vigas. Embasado nisto, a necessidade de extração numa ou na outra direção são encontradas, e portanto, a influência deste fator precisa ser bem entendida e quantificada, surgindo assim a justificativa para análise deste fator.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta parte do trabalho são discutidas as principais fontes de informação sobre o tema, onde se buscou um amparo técnico para a realização dos estudos e posterior interpretação dos resultados.

### 2.1 HISTÓRICO

Segundo Mehta e Monteiro (2014), estima-se que o consumo atual de concreto no mundo seja da ordem de 19 bilhões de toneladas ao ano, representando um valor significativo, se tratando do material de construção mais consumido no mundo. Courland (2011) afirma que o equivalente a quarenta toneladas de concreto existem no mundo para cada habitante terrestre, ao passo que um adicional de aproximadamente uma tonelada é acrescentada a essa somatória todos os anos.

O que justifica o fato do concreto ser o material de construção mais utilizado, de acordo com Isaia (2011), é o fato deste possuir suas matérias-primas em praticamente todos os lugares do mundo. Além disso, este material se adapta aos mais variados tipos de locais e circunstâncias, em vista de suas propriedades como versatilidade, durabilidade e desempenho.

Isaia (2011) cita que existem algumas características principais que destacam o concreto armado como material estrutural por excelência:

- *Disponibilidade:* O concreto se caracteriza por ser um material composto por materiais de custo relativamente baixo, pois na sua composição estão os elementos químicos de maior abundância na superfície terrestre;
- *Versatilidade:* Por ter uma característica plástica no estado fresco, é passível de moldagem com ampla liberdade de formas e dimensões, de acordo com a vontade e necessidade de projetistas estruturais;
- *Hiperestaticidade:* As peças feitas com concreto possuem alta rigidez devido ao monolitismo dos nós, raramente encontrada em outros materiais estruturais. As ligações sendo rígidas possibilitam, quando previsto em projeto, engastamentos, gerando hiperestaticidade na estrutura, proporcionando seções com maior esbeltez, maior reserva de resistência, incrementando a segurança;

- *Facilidade de execução:* Estruturas de concreto podem ser executadas através de mão de obra sem muita especialização, com equipamentos de simplicidade elevada para obras correntes;
- *Durabilidade:* Se bem projetado, dosado e executado, o concreto gera um retorno de durabilidade adequada, com resistência a agentes agressivos internos e externos;
- *Custo:* Nenhum material estrutural é tão competitivo no que tange qualidade x custo;

Porém, excluídas as vantagens citadas, o concreto possui desvantagens denotadas como sendo importantes de serem salientadas, como:

- *Baixa resistência à tração:* Isto faz com que no ato de projetar, tenham que ser tomados devidos cuidados no tocante a flexões originadas de carregamentos. Também quando se projetam os momentos fletores, serão necessárias armaduras de modo a reforçar o concreto a resistir aos esforços de tração, aumentando o custo;
- *Peso próprio elevado:* Este parâmetro do concreto resulta em maior peso final da estrutura e também maior dimensões de vigas e pilares para que além dos carregamentos, suportem seu peso próprio;
- *Suscetibilidade a variações volumétricas:* Esta propriedade deixa o concreto sensível a possíveis deformações provenientes de retração, expansão e fluência que tem como decorrência possíveis fissuras;
- *Calor de hidratação:* No que tange o calor de hidratação, peças de grande volume podem gerar uma alta taxa de liberação de calor, podendo ocasionar reações deletérias ao concreto.

Salvas as devidas considerações sobre as desvantagens do concreto como material estrutural, adotando-se os devidos cuidados, tanto no ato de projetar, quanto no de executar, estes efeitos negativos podem ser mitigados ou até eliminados.

Segundo Isaia (2011), nos últimos 100 anos, com a descoberta do concreto armado, produto da união com o aço, ocorreu um incremento considerável de conhecimento e da sua aplicação, principalmente em obras de infraestrutura e edificações. Porém, somente há algumas décadas foram iniciados estudos mais voltados à durabilidade do concreto, haja vista anteriormente se acreditar que o concreto tratava-se de um material “eterno”. O pensamento de atrelar uma vida-útil de longa duração ao concreto provinha, entre outros, do fato que

diversas obras do império romano resistem até os dias atuais, atentando-se à recordação de que várias delas passaram por ações de guerra e demolições.

Segundo Isaia (2011), a falta de durabilidade das estruturas de concreto construídas a partir da segunda metade do século XX, expostas a ambientes agressivos, mostra a repartição que existiu desde o início do emprego deste material, ante o conhecimento científico adquirido e a prática de métodos construtivos.

Assim como ensaios de durabilidade de estruturas vem sendo realizados atualmente, outros ensaios que quantificam a situação real da estrutura também têm sido estudados. O principal ensaio de quantificação da qualidade do concreto de uma estrutura é o de extração de testemunhos de concreto, objeto deste trabalho.

## 2.2 CRITÉRIOS DE SEGURANÇA NAS ESTRUTURAS

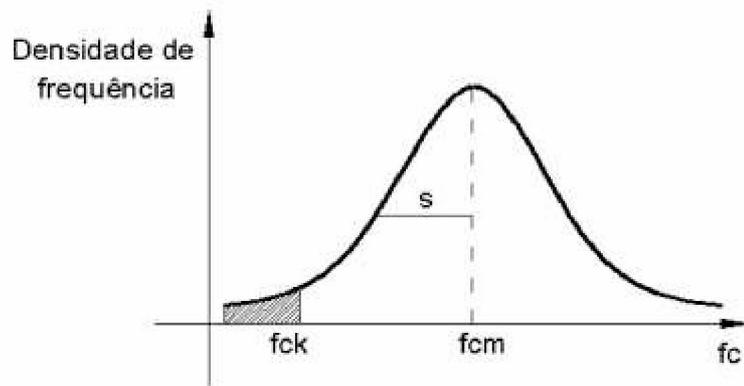
De acordo com Vieira Filho (2007), os métodos de dimensionamento desenvolvidos a partir do século XX eram, em sua maioria, embasados em princípios deterministas para os carregamentos e deformações, com a adoção de coeficientes que visavam gerar uma “margem de segurança” para utilizar a estrutura ante a ruína.

Segundo Helene (2011), o método de cálculo semi probabilista adotado no Brasil e outros países através de textos normativos e de recomendações como ACI 318 (2014) e NBR 6118 (2014), adotam coeficientes parciais de segurança. Estes documentos se amparam na majoração das ações e na minoração da resistência dos materiais. Este tipo de cálculo considera as ações e resistências como variáveis aleatórias, admitindo uma distribuição estatística das variáveis e fixando um valor chamado característico. De acordo com Vieira Filho (2007), as resistências dos materiais e as ações, são representadas por valores característicos, com probabilidade de ocorrência de 95%. Desta forma, as resistências dos materiais deverão ser superiores em 95% dos casos ao valor característico, já para as ações, 95% destas deverão ser inferiores ao valor característico adotado. De forma resumida, a resistência básica ou característica do concreto ( $f_{ck}$ ), com a qual se avalia a segurança das estruturas corresponde a 5% de uma distribuição normal ou gaussiana de frequências.

De acordo com Rüsç (1975), um modelo matemático que representa de maneira satisfatória a distribuição de resistências à compressão do concreto é a distribuição normal ou de Gauss. O processo de produção e ensaio do concreto gera resultados que fornecem

parâmetros para cálculo de curvas de densidade de probabilidade, curvas estas admitidas como normais e representadas através da Figura 1.

Figura 1 – Curva de Gauss utilizada no cálculo de segurança de estruturas de concreto.



(Fonte: Pinheiro *et al.* 2010)

De acordo com a Figura 1, são correlacionados os valores obtidos de ensaios de resistência à compressão ( $f_c$ ) *versus* a quantidade de corpos de prova relativos a este determinado valor de  $f_c$ . É possível observar também que se apresentam dois valores importantes no cálculo da segurança do concreto, o  $f_{cm}$  e o  $f_{ck}$ . O primeiro referente à resistência média do concreto à compressão e o segundo referente à resistência característica do concreto. O parâmetro  $f_{cm}$  representa uma média aritmética dos valores de  $f_c$  para um dado conjunto de corpos de prova, e é utilizado no cálculo do  $f_{ck}$  através da Equação (1).

$$f_{ck} = f_{cm} - 1,65 \cdot s \quad (1)$$

Onde  $s$  é o desvio padrão e corresponde à distância entre a abcissa de  $f_{cm}$  e o ponto de inflexão da curva. Segundo Pinheiro *et al.* (2010), o valor de 1,65 corresponde à quantia de 5% dos corpos de prova que possuem  $f_c < f_{ck}$ .

Os parâmetros acima, assim como outros envolvidos no controle estatístico de lotes de concreto no que tange a resistência à compressão e que concernem este trabalho, estão descritos a seguir, segundo o trabalho de Helene (2011).

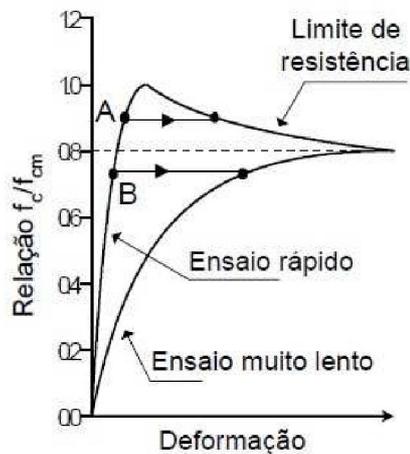
- $f_{ck}$  : Resistência característica do concreto à compressão, aos 28 dias de idade, referenciada a corpos de prova padrão amostrados na boca da betoneira e ensaiados com carregamento único, de curta duração ou "instantâneo" e monotônico, adotada como valor referencial pelo projetista estrutural que admite

que 95% do volume do concreto e do componente estrutural tenha a resistência à compressão acima desse valor e, conseqüentemente, 5% do total do volume do lote em exame por ter resistência abaixo desse valor, porém, preferencialmente não muito longe desse valor. Portanto  $f_{ck}$  é um valor hipotético. É o valor utilizado pelo projetista estrutural tanto como ponto de partida dos cálculos de dimensionamento como na análise de revisão do projeto do ponto de vista da segurança estrutural. Também é o valor utilizado para fins de análise de durabilidade, quando necessário o estudo de vida útil de projeto ou vida útil residual.

- $f_{ck,ef}$ : Resistência efetiva característica do concreto à compressão, aos 28 dias de idade, no componente estrutural, na estrutura construída. Trata-se de um valor inviável de ser obtido, pois dependeria de ensaiar à ruptura o próprio componente estrutural ou a estrutura (ensaio de carregamento único, de curta duração e monotônico). Admite-se, no entanto, que na expressiva maioria das situações de obra, deve sempre ser menor que o  $f_{ck}$  devido a diferenças de geometria, cura, adensamento, segregação interna, variabilidade da resistência do concreto superior à de produção medida através de corpos de prova padrão, simplificação dos modelos de cálculo, etc. Trata-se de um valor que depende do próprio concreto e, principalmente da qualidade e conformidade da execução em relação ao projeto.
- $f_{c,ext,j}$ : Resistência à compressão do concreto extraído, obtida a partir de testemunhos extraídos e ensaiados através de procedimentos padronizados, obtida a uma idade  $j$  qualquer e, em geral, acima de 28 dias. É um segundo valor fisicamente medido e muito mais próximo de  $f_{ck,ef}$  (ou seja, de  $f_{cd}$ ) do que o  $f_{ck,est}$ . Trata-se da resistência à compressão de uma porção íntegra e representativa do concreto de um componente estrutural. Considera-se que as operações de extração e ensaio, por melhor que sejam realizadas, introduzem efeitos deletérios no testemunho e reduzem sua resistência original (efeitos que são descritos posteriormente neste trabalho). No mínimo tem-se duas considerações: uma devida à redução do  $f_{c,ext}$  em relação ao  $f_{c,ef}$  e outra que  $f_{c,ext}$  é mais "próximo" do  $f_{c,ef}$ . Portanto requereria no mínimo, dois coeficientes de correção para passar de  $f_{c,ext,j}$  a  $f_{cj}$ .

No critério de segurança de estruturas deve-se levar em consideração o efeito Rüschi que, segundo Araújo (2001), é o conceito de que um concreto submetido a uma carga de longa duração tem sua resistência à compressão reduzida. A redução da resistência é contrariada pelo aumento de resistência decorrente do envelhecimento do concreto. Quando o concreto é rompido no ensaio convencional, conforme a NBR 5739 (2007), este é levado à ruína em pouco tempo após o início do carregamento. Se a velocidade de aplicação da carga for reduzida, gerando uma maior duração do ensaio, ocorre uma diminuição da resistência, conforme se observa na Figura 2.

Figura 2 – Efeito Rüschi.



(Fonte: Araújo, 2001)

Como é possível se constatar através da Figura 2, quando o corpo de prova é carregado rapidamente até o ponto A e a tensão é mantida constante, ocorre um aumento da deformação até ser atingido o limite de resistência, com conseqüente ruptura. Neste caso a tensão é inferior à resistência  $f_{cm}$  obtida no ensaio normal. Quando o corpo de prova é carregado até o ponto B e a tensão mantida constante, as deformações aumentam até uma estabilização, neste caso não haverá ruptura do corpo de prova.

Quando se analisa uma estrutura de concreto, uma parcela significativa das cargas é aplicada e mantida constante durante praticamente toda a vida da estrutura, assim o projeto deve ser elaborado de forma a se obter uma situação semelhante àquela representada pelo ponto B da Figura 2. Em outros termos, devem-se limitar as tensões de compressão no concreto a  $0,8f_{cm}$ , conforme exemplificado pela linha tracejada na Figura 2.

Ainda no tocante ao efeito Rüsç, Couto *et al.* (2015) afirmam que quando se está avaliando uma estrutura carregada e se analisa a resistência a partir de testemunhos extraídos, deve-se assumir que a resistência obtida pode estar sob influência deste efeito. Tal possibilidade irá depender do histórico de carregamento da estrutura.

### 2.3 IMPORTÂNCIA DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO NO CONCRETO

A resistência à compressão é considerada mundialmente como o principal parâmetro para se avaliar a qualidade do concreto, e é por vezes correlacionada com diversos outros parâmetros de análise do material. Devido ao fato da resistência à compressão ter uma importância grande na avaliação do concreto, a NBR 8953 (2015) estabelece grupos de resistência para os concretos produzidos, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Classificação dos concretos para fins estruturais por classe de resistência.

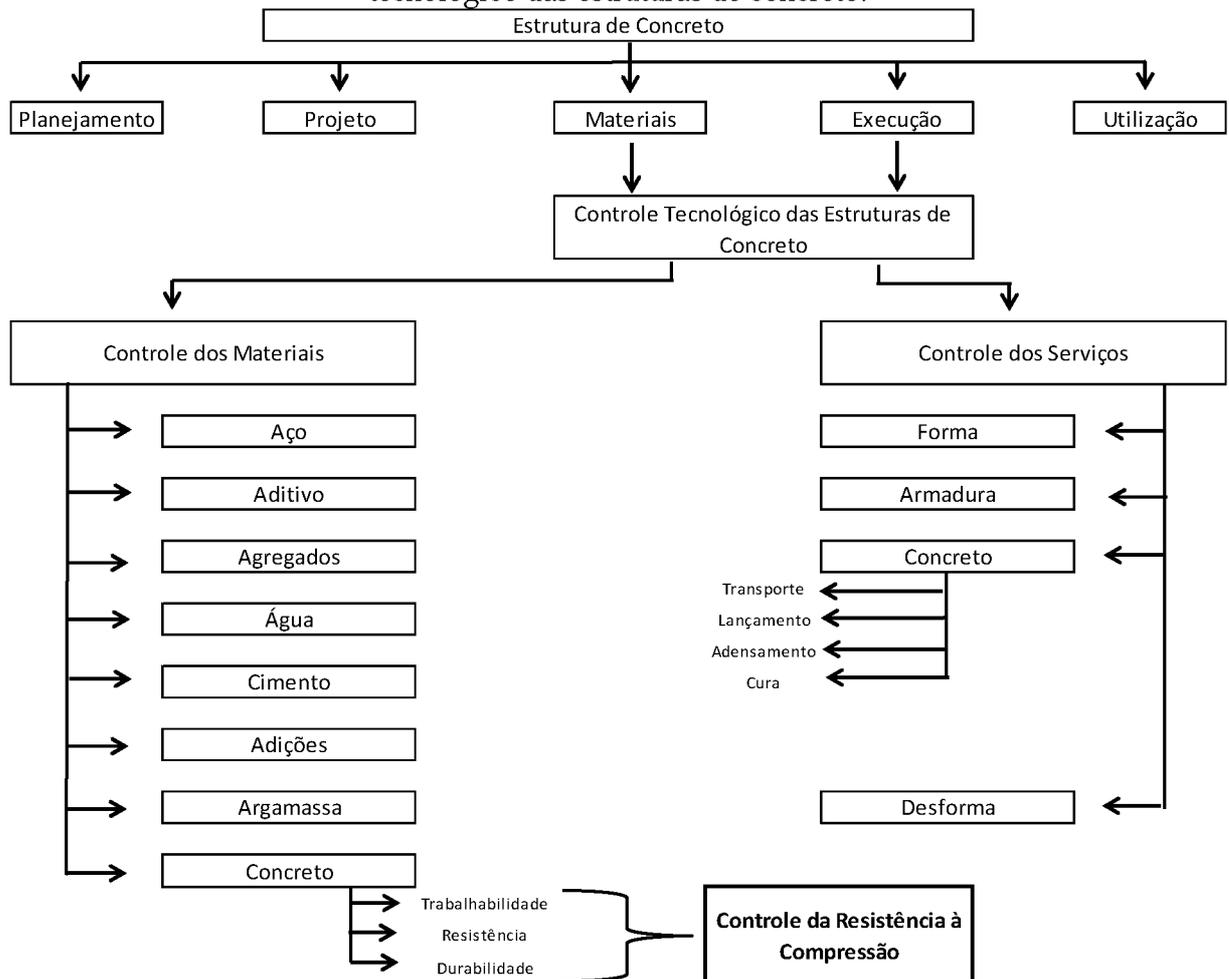
Classe de resistência Grupo I	Resistência característica à compressão MPa	Classe de resistência Grupo II	Resistência característica à compressão MPa
C20	20	C55	55
C25	25	C60	60
C30	30	C70	70
C35	35	C80	80
C40	40	C90	90
C45	45	C100	100
C50	50		

(Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 8953(2015))

Analisando-se a Tabela 1 é possível verificar a simplicidade da classificação das resistências dos concretos utilizados estruturalmente, segundo a NBR 8953 (2015). Vieira Filho (2007) cita que, a produção do concreto quando se considera a variabilidade das características dos seus constituintes, desde as etapas de mistura, transporte, lançamento, adensamento e cura, gera uma série de variáveis de difícil quantificação. Variáveis estas como a massa específica dos materiais, da finura das areias e do cimento, da temperatura do dia de concretagem, umidade relativa do ar, vibração do concreto no elemento estrutural, entre outras.

De acordo com Helene e Terzian (1993), diversos fatores são intervenientes na resistência à compressão de concretos, assim a Figura 3 ilustra a sequencia destes fatores num escopo geral.

Figura 3 – Controle da resistência à compressão do concreto no tocante ao controle tecnológico das estruturas de concreto.



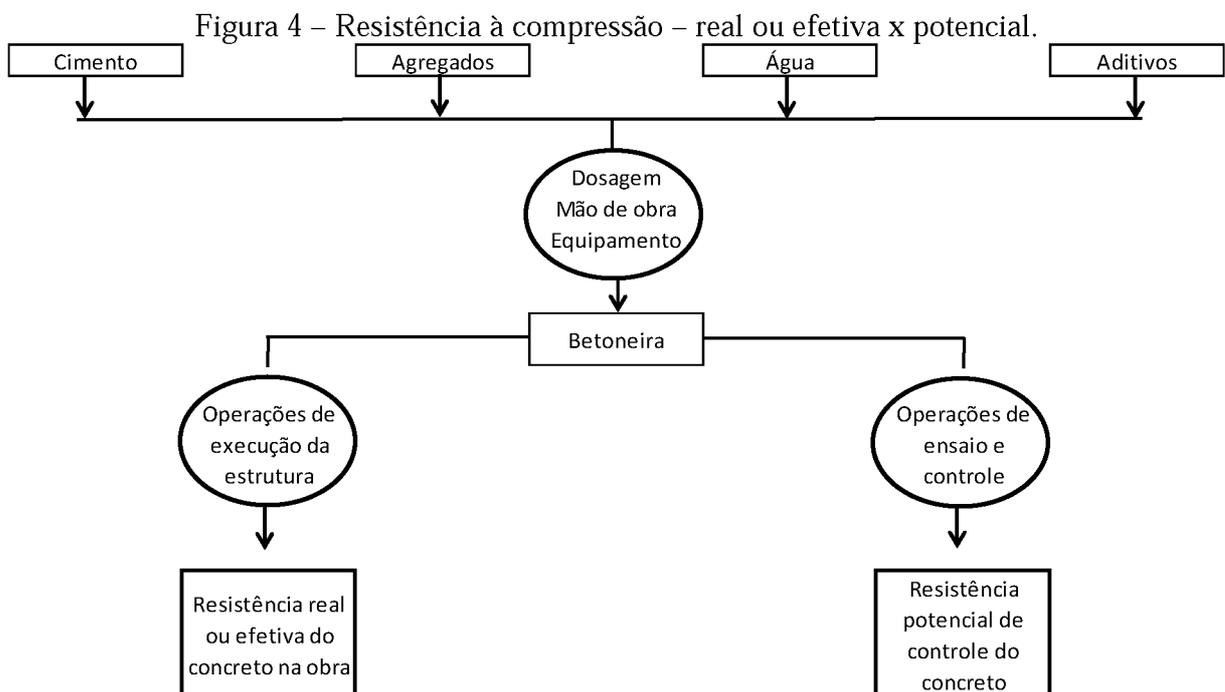
(Fonte: Helene e Terzian, 1993)

Na Figura 3 é visto através de um fluxograma o controle tecnológico de estruturas de concreto, que abrange basicamente os fatores “*materiais*” e “*execução*”. Isto se dá, pois nas etapas de planejamento, projeto e utilização da estrutura, não são feitos trabalhos no âmbito da tecnologia do concreto. É possível visualizar que os serviços devem ser realizados de forma eficaz e com qualidade, porém dois fatores são de suma importância na análise deste fluxograma:

- Caso não se tenha um controle adequado dos serviços, mesmo que o controle dos materiais seja eficiente, não se obterá uma estrutura com as características desejadas;
- Caso não se tenha um controle adequado dos materiais, mesmo que o controle dos serviços seja ideal, não se obterá uma estrutura com as características desejadas.

Há de se frisar que o ciclo com fim, demonstrado na Figura 3, deve ter ambas as ramificações inferiores realizadas de maneira correta e coerente, uma vez que a falha de uma delas resultará numa não confiabilidade da estrutura construída, nascendo então a necessidade de investigações técnicas.

Ainda segundo Helene e Terzian (1993), deve ser bem entendida a diferença entre os conceitos de resistência real ou efetiva do concreto na obra e resistência potencial de controle do concreto. Esta diferenciação pode ser mais bem entendida através da Figura 4.



(Fonte: Helene e Terzian, 1993)

Através do fluxograma apresentado na Figura 4, é visto que dosagem, mão de obra e equipamentos geram o concreto aplicado numa estrutura, porém operações de execução da estrutura embasam a resistência real ou efetiva, ao passo que operações de ensaio e controle embasam a resistência potencial. A diferença principal se enquadra no fato de que operações de ensaio e controle podem ser refeitas, adotando-se o maior valor ou na resistência potencial do concreto para análises e recálculos subsequentes.

Assim, com os fluxogramas descritos anteriormente, é possível ter uma percepção da magnitude de importância da resistência à compressão no concreto e sua implicância para a análise de estruturas, haja vista ser o principal parâmetro regulador da qualidade deste material.

## 2.4 AVALIAÇÃO INDIRETA DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO EM ESTRUTURAS ACABADAS

Para realizar uma avaliação adequada de uma estrutura de concreto acabada, vários métodos de ensaio podem ser utilizados, englobando desde ensaios não destrutivos, que não causam danos ao elemento estrutural, até ensaios destrutivos como extração de testemunhos e provas de carga.

Bungey *et al.* (2006) ilustra um resumo das etapas de um programa de investigação da qualidade do concreto em estruturas, seguindo desde o planejamento até análise e interpretação. O programa de uma investigação está representado na Figura 5, onde se pode verificar que inicialmente é realizada a visita na obra em investigação, determinando métodos de teste, levantamento de informações e uma estimativa de custos inicial. Esta primeira etapa visa contemplar a prospecção inicial e orçamentária, para que se viabilize a operação dos estágios seguintes.

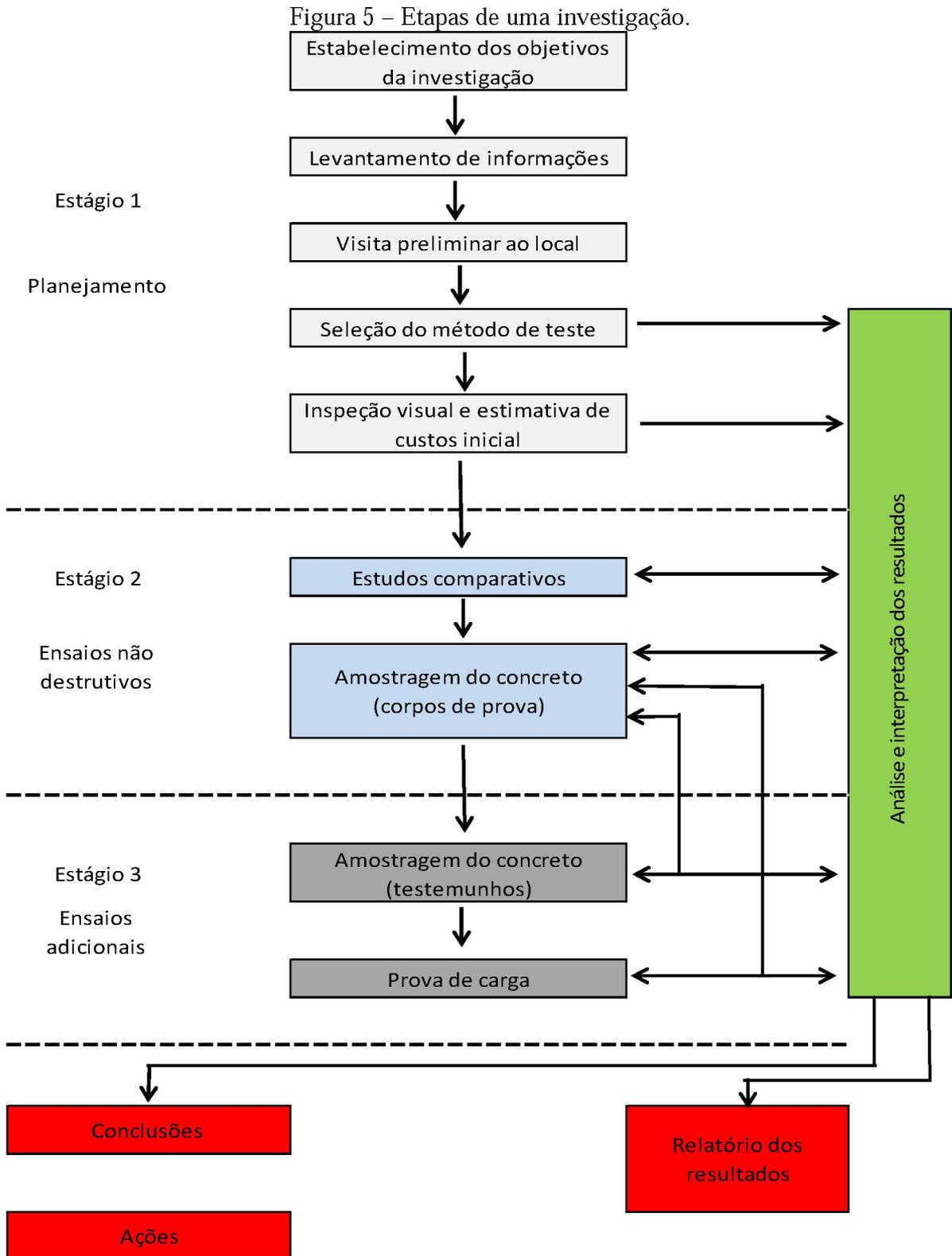
No segundo estágio são realizados estudos comparativos unidos à análise da amostragem do concreto (corpos de prova moldados), em concordância com ensaios não destrutivos (esclerometria, ultrassom, etc.). Nesta etapa existe a possibilidade do surgimento de conclusões ou da necessidade de ensaios adicionais, caracterizados no estágio 3.

Quando não se obtém de resultados satisfatórios no estágio anterior, necessita-se de ensaios adicionais como extração de testemunhos de concreto e uma eventual prova de carga monitorada. Através dos resultados destas ações é possível ter o conhecimento da real situação da estrutura *in loco*, gerando conclusões. Através das conclusões, podem ser tomadas as ações subsequentes, que podem migrar desde recuperação estrutural até demolição do elemento estrutural.

Segundo Silva Filho e Helene (2011), na grande maioria das obras, o processo de controle colabora para que a resistência estimada seja similar ou superior ao valor especificado, porém ocorrem algumas situações onde dúvidas sobre a resistência mecânica e a capacidade de um elemento de concreto são geradas. Assim, se faz necessária a revisão dos resultados dos ensaios e, quando preciso, adoção de procedimentos adicionais de investigação da resistência.

Ainda analisando a Figura 5, nas etapas de uma investigação, Pacheco e Helene (2013) expõe que dentre as medidas a serem tomadas no caso de rejeição de um lote de concreto, inicialmente deve-se proceder com a revisão do projeto considerando os resultados dos corpos de prova moldados. Em seguida, caso a insegurança estrutural permaneça, utilizam-se os

ensaios não destrutivos para na sequência realizar extrações de testemunhos e estimar o novo fck equivalente para o recálculo estrutural.



(FONTE: Adaptado de Bugey *et al.*, 2006)

A Tabela 2 expõe situações onde uma avaliação mais detalhada da resistência do concreto em estruturas acabadas é necessária, determinando diferentes escopos de trabalho.

Tabela 2 – Justificativa e escopo de ações para análise de resistência à compressão do concreto.

<b>Causas</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Descrição da ação</b>
Controle de recebimento em uma obra nova indica que $f_{ck,est} < f_{ck}$	Encontrar um novo $f_{ck}$ para reprojeto (verificação) da segurança estrutural	Transformar o resultado da resistência do concreto medida por <b>testemunhos</b> em valor equivalente ao da resistência característica à compressão que seria utilizada num projeto de estrutura nova, viabilizando o emprego do mesmo método da segurança no projeto das estruturas de concreto, utilizado em estruturas novas.
Concreto diferente ou não conforme com o pedido / especificado	Analisar o concreto para comparar com o pedido / especificado	Pesquisar se a composição, traço, resistência e outras propriedades do concreto entregue para a moldagem de um determinado componente estrutural coincidem com o concreto solicitado ao fornecedor de concreto. Geralmente faz parte de uma questão comercial entre empresas.
Concreto exposto a meio agressivo	Analisar propriedades do concreto determinantes da sua resistência frente ao meio agressivo	Efetuar uma análise complexa do ciclo de vida do concreto no meio, tomando por base o período de vida útil definido no projeto da estrutura, as prescrições de manutenção preventiva do manual de operação, uso e manutenção, eventuais ensaios acelerados ou vistoria de obras similares, com as resistências características e propriedades deste concreto, utilizando também modelos de vida útil disponíveis na bibliografia.
Qualidade da execução da estrutura	Analisar homogeneidade do concreto, geometria e tolerâncias	Analisar através do uso de ensaios não destrutivos ou semi destrutivos, recursos de topografia, nível e prumo a laser, excentricidade de pilares, dimensões geométricas e <b>extração de testemunhos</b> em regiões complementares, buscando aferição da qualidade das concretagens e precisão de execução.
Perícia	Inspeção e diagnóstico para esclarecer um problema patológico	Utilizar técnicas de inspeção e ensaios de campo e de laboratório, eventual prova de carga, <b>extração de testemunhos</b> com vistas à elaboração de diagnóstico e prognóstico para esclarecer um colapso parcial ou total, problema patológico grave, flecha exagerada, fissuração exagerada, etc.
Mudança de uso, retrofit	Avaliar o estado atual da estrutura	Análise da estrutura, com investigação de geometrias, armaduras, concreto, <b>extração de testemunhos</b> , com vistas à mudança de uso que implique ou não em aumento de sobrecargas.

(Fonte: Silva Filho e Helene, 2011)

Ensaio não destrutivos são majoritariamente utilizados como ensaios adicionais nas análises estruturais, desta forma é possível se estimar a qualidade do concreto antes da extração dos testemunhos.

Com a premissa de que, tendo conhecimento da qualidade superficial do concreto antes da extração, podem-se reduzir custos através de uma minoração do número de testemunhos a serem extraídos. Esta minoração é obtida, uma vez que são reduzidas as amostras que podem não gerar a resistência potencial. Esta posição é afirmada por Masi e Chiauzzi (2013), que expõem em seu texto que com a identificação dos locais onde o concreto está mais

homogêneo, são estipuladas as melhores regiões para extração de testemunhos de concreto para que possa ser estimada adequadamente a resistência do concreto em toda a estrutura. A Tabela 3 apresenta ensaios não destrutivos ou semi destrutivos e também suas descrições.

Tabela 3 – Ensaios não destrutivos para avaliar estruturas de concreto.

<b>Método</b>	<b>Características Básicas Passíveis de avaliação</b>
Extração de testemunhos de concreto	resistência característica à compressão ( $f_{ck}$ )
	módulo de deformação longitudinal ( $E_c$ )
	diagrama tensão x deformação específica ( $\sigma \times \epsilon$ )
	resistência característica à tração ( $f_{tk}$ )
Provas de carga	comportamento elástico de componentes estruturais
Ultrassom	uniformidade da resistência do concreto
	uniformidade do módulo dinâmico de deformação longitudinal do concreto
	defeitos não visíveis
	avaliação da resistência à compressão do concreto
Gamagrafia	defeitos visíveis
Esclerometria	uniformidade da resistência do concreto
	dureza superficial
	eventual avaliação da resistência à compressão do concreto
Resistividade Elétrica Superficial	Resistividade Elétrica
	Porosidade
	Grau de Saturação

(Fonte: Adaptado Helene, 1984 *apud* Vieira Filho, 2007)

#### 2.4.1 Avaliação da dureza superficial por esclerometria

Segundo Vieira Filho (2007), o desenvolvimento do instrumento chamado esclerômetro de Schmidt, esclerômetro de reflexão ou martelo Schmidt (Figura 6), se deve ao engenheiro suíço Ernesth Schmidt, que aplicou conceitos de dureza “*shore*” utilizados na caracterização de metais, bem como estudos efetuados a partir de 1950 no laboratório Federal de Materiais de Zürich. O ensaio que utiliza o instrumento descrito acima é normatizado no Brasil pela NBR 7584 (2013).

Estudos relacionando a resistência à compressão com o índice esclerométrico foram realizados em algumas pesquisas como a de Escobar *et al.* (2008) e de Pereira e Medeiros (2012) e concluem que é possível relacionar o índice esclerométrico fornecido pelo equipamento e a resistência à compressão de uma peça de concreto.

Figura 6 – Esclerômetro de Schmidt ou de reflexão.



O ensaio se baseia no princípio da projeção de uma massa, através de uma mola, contra a superfície em análise. A função do aparelho é registrar a energia que sobra a partir da energia total empregada, ou seja, o recuo do martelo. Assim, em materiais com dureza superficial mais elevada, os recuos são maiores, enquanto que materiais com dureza superficial inferior, os recuos são menores.

A NBR 7584 (2013) indica a metodologia de execução em que devem ser realizados no mínimo dezesseis pontos de leitura e não mais nove como prescrevia sua antecessora de 1995. A norma também recomenda que se evitem impactos sobre agregados, armaduras, bolhas, etc, pois estes fatores alteram muito as leituras, reduzindo a confiabilidade do ensaio.

A despeito das recomendações consideradas na NBR 7584 (2013), há de se levar em consideração que muitas vezes não é possível evitar a regiões do concreto que possuam presença superficial de britas. Desta forma, o incremento do número mínimo de impactos tem a prerrogativa aumentar a confiabilidade do ensaio, descartando os valores espúrios, através do cálculo do índice esclerométrico constante na norma. Tal atitude pode, porém, não gerar um resultado final satisfatório, pois depende muito do aspecto superficial do concreto.

Deve-se atentar ao fato de que a dureza superficial é grandemente influenciada por alguns fatores, também mencionados por Vieira Filho (2007) e Escobar *et al.* (2008), listados a seguir:

- Esbeltez do elemento estrutural em análise;
- Idade do concreto;
- Estado da superfície ensaiada;
  - Aspereza;
  - Teor de umidade;
  - Carbonatação;
  - Limpeza;
- Dureza dos agregados;

- Tipo e quantidade de aglomerante.

Um procedimento que é comumente realizado é a chamada esclerometria comparativa e, normalmente, gera resultados eficazes. O ensaio esclerométrico é o mesmo, o que se altera é que já se tem conhecimento da resistência de um elemento em questão, a partir disto são realizados ensaios em outros elementos cuja resistência não é conhecida. Assim, é possível estimar se as resistências dos elementos estruturais estão próximas ou não.

#### 2.4.2 Ensaio de arrancamento

O ensaio de arrancamento, mais conhecido como pull off, é utilizado mundialmente como um parâmetro de análise para a quantificação da resistência à compressão do concreto. Trata-se de um ensaio de baixa complexidade e fácil execução, que normalmente gera resultados satisfatórios e confiáveis.

Segundo Pereira e Medeiros (2012), o ensaio se baseia no conceito de que a força de tração necessária para arrancar um disco metálico colado a uma camada da superfície do concreto está relacionada com a resistência à compressão do material. Neste ensaio, a tração exercida pelo equipamento é transmitida de forma axial a uma peça metálica colada anteriormente à superfície do concreto. Depois de transcorrido o tempo necessário de cura da cola, uma força de tração é gerada sobre este disco, fazendo-se uso de um sistema mecânico, conforme Figura 7.

Figura 7 – Equipamento utilizado no ensaio de arrancamento.



(Fonte: Pereira e Medeiros, 2012)

O aumento gradual da força é observado no próprio aparelho em uma escala em Megapascal (MPa), registrando-se o valor assim que o arrancamento do concreto é finalizado.

Através da força de tração que causa a ruptura, em analogia com as curvas de calibração do equipamento, é possível ter uma estimativa da resistência à compressão do concreto.

#### 2.4.3 Ensaio de ultrassom

Este método é baseado na premissa de que a velocidade de propagação das ondas é influenciada pela qualidade do concreto. Segundo Pereira e Medeiros (2012), as principais aplicações deste ensaio são a determinação da homogeneidade do concreto, avaliação da existência de fissuras e estimativa da sua profundidade, avaliação da existência de vazios ou buracos, estimativa da resistência à compressão e estimativa do módulo de elasticidade.

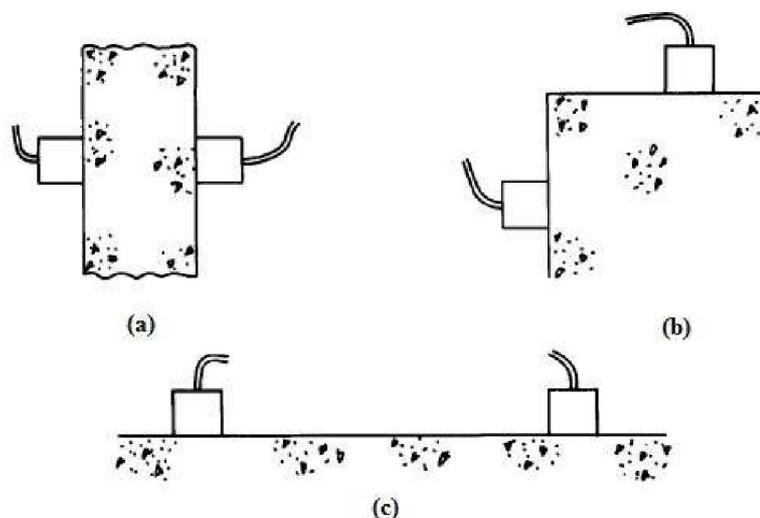
O método é regido no Brasil pela NBR 8802 (2013), onde são descritos os procedimentos para a realização do ensaio. De acordo com Mendonça Filho *et al.* (2011), o aparelho registra o tempo que a onda leva entre a saída do transdutor emissor e a chegada ao transdutor receptor, calculando assim a velocidade ultrassônica a partir de uma distância pré programada. Chevva *et al.* (2008) definem que o ensaio consiste de ondas ultrassônicas geradas a partir de um transdutor, que converte uma alta voltagem e frequência em vibrações mecânicas, sendo que após transladar pelo material, estas vibrações são convertidas novamente em pulsos elétricos, por um transdutor idêntico ao emissor.

O ensaio de ultrassom pode ser realizado com três tipos de transmissão: direta, indireta semi direta. Estes tipos de transmissão são ilustrados na Figura 8, onde é possível observar que, para o método de ensaio direto, é necessário ter acesso a superfícies opostas do elemento estrutural, enquanto que na semi direta e indireta, esta ação não é necessária. De acordo com Evangelista (2002), no campo nem sempre é possível o acesso a superfícies opostas e assim torna-se necessário o ensaio de transmissão indireta ou semi direta.

Nos três tipos de transmissão, é possível obter resultados com grau de precisão satisfatório, desde que atendidos os seguintes fatores citados por Pereira e Medeiros (2012):

- Preparação da superfície a ensaiar;
- Ligação dos transdutores;
- Método de seleção;
- Colocação dos transdutores.

Figura 8 – Tipos de avaliação da velocidade de propagação da onda ultrassônica – (a) Direta; (b) Semi Direta; (c) Indireta.



(Fonte: Bungey *et al.* 2006)

Ensaio de ultrassom podem ter outras finalidades além das já dispostas anteriormente. Uma possibilidade do uso de ultrassom pode ser para a localização de pontos adequados para a realização do ensaio de extração de testemunhos. Em alguns casos, dada a grande demanda de trabalho a ser realizada numa estrutura em análise, pode ser que a escolha dos locais de extração não seja feita de maneira criteriosa, gerando resultados que podem não representar o concreto *in loco*. Pfister *et al.* (2014), propuseram um método para selecionar pontos para extração de testemunhos, que não gerem uma dispersão de resultados grande, quando o que se está analisando é o mesmo lote de concreto. Estes autores, além de proporem um novo método, também comparam as implicações nas quais a escolha sem critério dos locais de extração, traz para a análise dos resultados e também afirmam que o risco de se obter curvas de correlação não representativas é reduzido com a escolha criteriosa.

Sob a ótica da análise de estruturas acabadas, o uso do ultrassom da maneira como exposta anteriormente pode trazer ganhos significativos na confiabilidade dos resultados e consequentemente na segurança das estruturas.

#### 2.4.4 Ensaio de resistividade elétrica

Segundo Medeiros Junior *et al.* (2014), a Resistividade Elétrica Superficial (RES) trata-se de um parâmetro interessante para uso na modelagem de vida útil de estruturas de concreto, principalmente por se tratar de um ensaio de fácil execução. Assim como os autores citados,

Lubeck *et al.* (2012) citam que a resistividade elétrica fornece uma medida da dificuldade da movimentação de íons no interior do concreto, podendo ser usada, portanto, para avaliar a durabilidade de estruturas.

A resistividade elétrica também serve para analisar outros parâmetros, como descrevem Andrade e D'Andrea (2011), quando citam que quanto maior é a resistividade encontrada no ensaio, menor é a porosidade do concreto e maior a sua resistência mecânica. Esta afirmativa fornece embasamento para que mais estudos sejam realizados na área de modo a utilizar este ensaio como um parâmetro de análise comparativa na resistência do concreto. Estes autores ainda afirmam que a resistividade é um indicador do grau de saturação do concreto, podendo servir como um parâmetro de controle do grau de cura. Normalmente este ensaio é realizado através do método Wenner ou método dos quatro pontos, ilustrado na Figura 9.

Figura 9 – Método das quatro pontas (Wenner)



(Fonte: Andrade e D'Andrea (2011))

#### 2.4.5 Métodos combinados

Masi e Chiauzzi (2013) propõe uma combinação dos métodos não destrutivos com ensaios destrutivos para que a estimativa da resistência do concreto *in loco* seja determinada com maior precisão. Segundo estes autores, ensaios não destrutivos não devem ser utilizados isoladamente para estimar a resistência do concreto, mas são necessários para a escolha dos melhores locais para extração de testemunhos. Os autores ainda afirmam que os ensaios não destrutivos podem ser utilizados com eficácia para determinar a uniformidade do concreto em diferentes regiões aplicadas, dando embasamento para a afirmativa anterior. A Tabela 4 faz uma comparação entre quatro diferentes tipos de métodos, o da extração de testemunhos,

esclerometria, ultrassom e método combinado, levantando termos como custo, velocidade de execução, dano à estrutura, confiabilidade e facilidade de aplicação.

Tabela 4 – Comparativo entre métodos destrutivos, não destrutivos e combinados.

<b>Método</b>	<b>Custo</b>	<b>Velocidade de execução</b>	<b>Dano à estrutura</b>	<b>Confiabilidade</b>	<b>Facilidade de execução</b>
Extração de testemunhos	Alto	Baixa	Alto	Boa	Baixa
Esclerometria	Muito baixo	Alta	Baixo	Baixa	Alta
Ultrassom	Baixo	Alta	Baixo	Média	Média
Métodos Combinados	Médio	Média	Baixo	Boa	Média

(Fonte: Adaptado de Masi e Chiauzzi (2013))

Através da Tabela 4, é possível tirar algumas conclusões. A extração de testemunhos gera uma boa confiabilidade, porém agrega um alto custo, com baixa velocidade de execução e muito dano à estrutura, ao passo que os dois ensaios não destrutivos geram um baixo custo, pouco ou nenhum dano à estrutura atrelado à uma velocidade alta de ensaio. Assim, uma vez combinados, as características de cada um se sobrepõem, formando uma boa possibilidade de uso, ou seja, custo médio, com velocidade de execução média, baixo dano à estrutura e principalmente, uma boa confiabilidade.

Outro trabalho que segue a mesma linha de estudo é de Uva *et al.* (2013), onde é afirmado que utilizar ensaios não destrutivos como esclerometria, ultrassom e pull off, não é garantido o mesmo grau de confiabilidade do que realizar a extração de testemunhos de concreto. Uva *et al.* (2013) sugere, em concordância com o trabalho citado anteriormente, que sejam realizados ensaios combinados, de modo a aumentar a eficácia dos resultados.

Trabalhos envolvendo a estimativa da resistência à compressão de concretos, através da analogia de ensaios destrutivos e não destrutivos também foram realizados por Mikulic *et al.* (1992). Estes autores afirmam que é possível através de ensaios não destrutivos, obter os mesmos resultados de resistência à compressão de um concreto *in loco*, que os obtidos por ensaios destrutivos, desde que se tenha uma amostragem adequada.

## 2.5 EXTRAÇÃO DE TESTEMUNHOS DE CONCRETO

Existe uma gama de métodos utilizados para avaliar a resistência do concreto de uma estrutura, sendo o ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos (NBR 5739 (2007))

efetuado em testemunhos extraídos, o mais confiável e reconhecidamente mais preciso entre os métodos de inspeção. Segundo Fiore *et al.* (2013) o ensaio mais amplamente utilizado para determinar a resistência de concreto *in loco* é a extração de testemunhos de concreto, já que os resultados obtidos possuem uma boa confiabilidade ante outros tipos de procedimentos.

Segundo Farias (2006), o nome testemunho é dado a amostras cilíndricas de concreto retiradas de elementos estruturais que necessitam de avaliação. Conforme Silva Filho e Helene (2011), a forma mais direta de coletar dados referentes à resistência efetiva de uma obra acabada é através de extrações de amostras de concreto endurecido. Os testemunhos são comumente obtidos através de extratoras, com brocas tipo copo com ponta contendo fragmentos de zircônio, ilustrada na Figura 10, permitindo cortar um anel de concreto e segmentar as armaduras, retirando amostras cilíndricas das próprias peças estruturais. A Figura 11 representa a utilização de um equipamento de extração para obtenção de testemunhos de 100 mm.

Figura 10 – Broca tipo copo com ponta contendo fragmentos de zircônio.

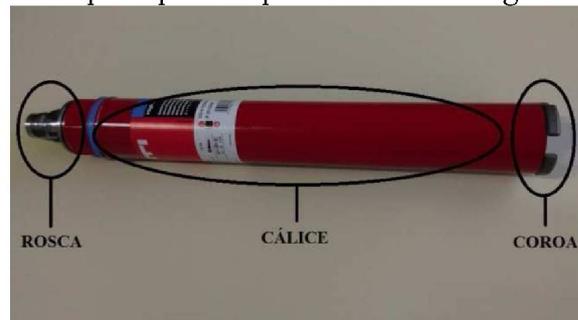


Figura 11 - Equipamento extrator de testemunhos sendo aplicado em uma pesquisa na UFPR.



(Fonte: Medeiros *et al.*, 2014)

Os diâmetros mais utilizados são de 100, 75 e 50 mm. Em estudos e relatórios divulgados nos últimos anos, como Moreira *et al.* (2003), Bungy *et al.* (2006), Farias (2006),

Helene (2011) e Ergün e Kürklü (2012) tem surgido uma tendência de recomendação da utilização de brocas com diâmetros menores, possibilitando uma redução no tamanho das furações e conseqüentemente redução nos danos à estrutura.

### 2.5.1 Referências normativas e recomendações

O ensaio de extração de testemunhos é utilizado há décadas como a maneira mais confiável de se ter um prospecto da qualidade e resistência do concreto de uma estrutura. Desse modo, existe hoje no mundo uma série de referências normativas e recomendações para que a análise de resultados ocorra de forma eficiente e confiável.

Pucinotti (2013), em seu estudo com um total de 359 testemunhos de concreto, realizou um comparativo entre o cálculo da resistência característica do concreto pela EN 1990 (2006) e EN 13971 (2007) e por um método proposto, concluindo que apesar destas normas serem vigentes em seus respectivos países, o método proposto mostrou ser mais realista que as normas, provando assim que a área ainda carece de estudos.

Muita dificuldade é encontrada quando se tenta correlacionar resultados de vários trabalhos, em virtude da variação dos parâmetros estudados. A Tabela 5, elaborada e citada no trabalho de Houry *et al.* (2013), sintetiza os parâmetros estudados e presentes em normas, gerando um compilado de informações. Nota-se nesta Tabela que a norma europeia foi alterada em 2009, não especificando um diâmetro mínimo. De um ponto de vista crítico, esta alteração abre espaço para o estudo de diâmetros reduzidos, que é um dos focos deste trabalho.

Tabela 5 – Fatores envolvidos na interpretação de resultados por diferentes normas.

Norma	Ano	Fatores estudados / considerados				
		Relação $h/d$	Diâmetro	Presença de barras de aço	Danos ao testemunho	Direção da extração
Concrete Society TR. 11	1987	OK		OK	OK	OK
European Standard Specification	1998	OK	OK	OK	OK	
	2009	OK		OK		
ACI 214.4 R	1998	OK				
	2011	OK	OK		OK	
Japanese Standard	1998	OK				
BS EN 12504-1	2003	OK		OK		OK
Egyptian Code	2008	OK		OK		OK
NBR 7680	2015	OK	OK	OK	OK	OK

(Fonte: Adaptado Houry *et al.*, 2013)

A seguir estão descritos os métodos e modelos de cálculo dos principais documentos vigentes no tocante à extração de testemunhos de concreto.

a) ACI 214.4R (2011)

Esta recomendação do ACI (*American Concrete Institute*) inclui fatores como diâmetro do testemunho, tipo de cura, danos ao testemunho e também à relação  $h/d$ . A resistência do concreto na estrutura é definida pela Equação (2).

$$f_c = (F_{h/d}) \cdot F_{dia} \cdot F_{tc} \cdot F_{br} \cdot F_{testemunho} \quad (2)$$

Em que:

- $f_c$ : resistência do concreto na estrutura;
- $F_{h/d}$ : fator de correção para relação altura / diâmetro;
- $F_{dia}$ : fator de correção devido ao diâmetro;
- $F_{tc}$ : fator de correção devido ao tipo de cura;
- $F_{br}$ : fator de correção devido ao efeito de broqueamento;
- $F_{testemunho}$ : Resistência do testemunho de concreto;

O fator  $F_{h/d}$  é calculado através de equações, que são dispostas conforme o tipo de cura à qual a amostra foi submetida. A Equação (3) se utiliza no cálculo de amostras submetidas ao tratamento previsto na ASTM C 42 (2013), a Equação (4) é utilizada no cálculo de testemunhos submersos em água por 48 horas e a Equação (5) é utilizada no cálculo de testemunhos secos ao ar.

$$F_{h/d} = 1 - [0,130 - \alpha \cdot f_{core}] \cdot \left(2 - \frac{h}{d}\right)^2 \quad (3)$$

$$F_{h/d} = 1 - [0,117 - \alpha \cdot f_{core}] \cdot \left(2 - \frac{h}{d}\right)^2 \quad (4)$$

$$F_{h/d} = 1 - [0,144 - \alpha \cdot f_{core}] \cdot \left(2 - \frac{h}{d}\right)^2 \quad (5)$$

Nas Equações de (3) a (5), todos os coeficientes  $\alpha$  dispostos tem valor de  $4,3 \cdot (10^{-4})$  MPa.

Para a escolha do fator  $F_{dia}$ , é necessário o uso da Tabela 6, onde são encontrados os coeficientes para cada diâmetro.

Tabela 6 – Coeficientes de correção  $F_{dia}$  segundo o ACI 214.R (2011).

<b><math>F_{dia}</math></b>	
50 mm	1,06
100 mm	1,00
150 mm	0,98

Para a obtenção do fator  $F_{tc}$ , faz-se necessário o uso da Tabela 7 a seguir, enquanto que o fator de correção devido ao efeito do broqueamento ( $F_{br}$ ) é de 1,06, ou seja, 6%.

Tabela 7 – Coeficientes de correção  $F_{tc}$  segundo o ACI 214.R (2011).

<b><math>F_{tc}</math></b>	
Tratamento ASTM C 42	1,00
Submersos 48 h	1,09
Secos ao ar	0,96

Como é possível observar, a recomendação ACI 214.R (2011) traz parâmetros importantes no cálculo da resistência de testemunhos de concreto. Frisa-se aqui um fator que será estudado neste trabalho, o diâmetro do testemunho, onde o ACI não recomenda minoração ou majoração de resultado quando o diâmetro for de 100 mm. No entanto para diâmetros de 50 mm e 150 mm, é recomendada uma correção dos valores conforme descrito anteriormente.

b) BS EN 12504 (2009)

Esta norma está vigente no Reino Unido e contém em seu corpo, orientações e recomendações referentes a testemunhos de concreto.

Por se tratar de uma norma de origem britânica, grande parte das recomendações é voltada à inferência de conversão para resultados de cubos de concreto. O fator  $h/d$  é recomendado como sendo 2,0 para análise comparativa com corpos de prova cilíndricos, já para corpos de prova cúbicos, a relação  $h/d$  recomendada é de 1,0.

Esta norma traz o cálculo da resistência de testemunhos de concreto, de acordo com a Equação (6).

$$f_{is\ corr, cyl} = K_{h/d} \cdot K_s \cdot f_{test} \quad (6)$$

Em que:

- $f_{is\ corr, cyl}$ : Resistência do concreto na estrutura;
- $K_{h/d}$ : Fator de correção para relação altura / diâmetro;
- $K_s$ : Fator de correção pela presença de barras de aço;
- $f_{test}$ : Resistência do testemunho de concreto.

O fator  $K_{h/d}$  é calculado pela Equação (7) a seguir, onde  $\lambda$  é referente ao quociente de  $h/d$ .

$$K_{h/d} = \frac{2,5}{1,5 + 1/\lambda} \quad (7)$$

O fator  $K_s$  é calculado pelas Equações (8) e (9) a seguir, onde a primeira é referente a testemunhos contendo apenas uma barra e a segunda referente a testemunhos contendo múltiplas barras.  $\phi_r$  é referente ao diâmetro da barra enquanto que  $\phi_c$  é referente ao diâmetro do testemunho; Já  $h$  se trata da distância da barra até a extremidade mais próxima do testemunho e  $H$  é referente à altura do testemunho.

$$K_s = 1,0 + 1,5 \cdot \left( \frac{\phi_r \cdot h}{\phi_c \cdot H} \right) \quad (8)$$

$$K_s = 1,0 + 1,5 \cdot \left( \frac{\sum(\phi_r \cdot h)}{\phi_c \cdot H} \right) \quad (9)$$

Com os fatores calculados a partir das equações, nota-se a grande importância de correções quando da presença de barras de aço e à relação  $h/d$  dos testemunhos. Esta norma ainda contempla valores para conversão para resistência de cubos de concreto, porém como não faz parte do escopo deste trabalho, não foram mencionados.

## c) ASTM C 42 (2013)

Esta norma na sua última versão publicada em 2013, traz recomendações sobre a extração de testemunhos de concreto. A norma é dotada de observações importantes na análise de testemunhos e as interferências geradas pelo processo de extração.

É afirmado que a resistência do concreto é afetada pela localização da extração no elemento estrutural, exemplificando que o concreto da base de pilares possui uma tendência de ter uma resistência mecânica maior do que o do topo. O texto afirma também que a resistência é afetada pela direção da extração, exemplificando que testemunhos extraídos na direção ortogonal à concretagem, geram resultados mais baixos, enquanto que testemunhos extraídos paralelamente à concretagem sofrem menos interferência.

Outra posição abordada é a de que a resistência de testemunhos de concreto é afetada pela distribuição da mistura no momento do ensaio de compressão axial, não existindo um procedimento normatizado que condicione o testemunho a ter as mesmas condições de mistura da estrutura no momento do ensaio.

A ASTM C 42 (2013) referencia que o ensaio de resistência à compressão de testemunhos geralmente resultará em valores inferiores a seus correspondentes corpos de prova cilíndricos moldados e curados na mesma idade. O texto continua dizendo que a relação entre estes dois tipos de amostras é afetada por uma série de fatores como a resistência do concreto, a temperatura ambiente à qual a estrutura está submetida, o grau de adensamento, variação de mistura para mistura, ao ganho da resistência do concreto com o tempo, a condição do aparelho de extração e o cuidado ao realizar-se o ensaio de extração.

No tocante à presença de barras de aço no interior do testemunho, a norma afirma que caso não seja possível extrair um testemunho sem a presença de barras de aço, o engenheiro responsável pelo ensaio pode optar por aceitar testemunhos na dita situação. Ressalva-se, no entanto, que é necessário documentar no relatório que a amostra ensaiada possui metal em seu interior, o seu tamanho, forma e localização. A norma vai mais além ao que tange este assunto e afirma que com a presença de barras de aço no interior do testemunho, não existem informações suficientes que possibilitem adotar fatores de correção para minoração do efeito deletério deste parâmetro. É afirmado também que não se deve aceitar qualquer testemunho que contenha barra de aço na direção paralela aos topos da amostra

Esta norma faz menção também ao diâmetro de extrações a serem utilizadas, onde é recomendado um mínimo de diâmetro de 94 mm, salvo os casos onde não for possível atingir uma relação  $h/d$  mínima de 1,0, sendo então possível o uso de diâmetros menores. A ASTM

traz a informação de que a resistência à compressão de testemunhos com diâmetro de 50 mm é menor e de maior variação do que os de 100 mm e também de que testemunhos de diâmetros menores são mais sensíveis à variação do fator  $h/d$ . No que condiz o fator  $h/d$ , devem ser utilizados fatores de correção, conforme Tabela 8 no cálculo da resistência dos testemunhos. Vale ressaltar que, quando a relação for superior a 1,75, não se faz necessário o uso do coeficiente de correção. A resistência à compressão do testemunho, dada em MPa, é obtida multiplicando-se o resultado do ensaio pelo fator de correção  $h/d$  da Tabela 8.

Tabela 8 – Fator de correção  $h/d$  segundo a ASTM C 42 (2013).

Relação $h/d$	Fator de correção
1,75	0,98
1,50	0,96
1,25	0,93
1,00	0,87

São fornecidas diretrizes para acondicionamento dos testemunhos antes do rompimento à compressão axial, conforme a seguir:

- Após os testemunhos serem extraídos, secar a superfície do testemunho e aguardar até que o excedente de água superficial evapore, porém por não mais que uma hora. Após este processo, alocar os testemunhos em sacos plásticos e vedar, evitando a perda da água de mistura. É necessário tomar cuidado para manter os testemunhos em temperatura ambiente e evitar contato direto com a luz solar. Em seguida, deve-se fazer o traslado das amostras até o laboratório de análise e mantê-los nos sacos plásticos até o momento da preparação das superfícies;
- Se água for utilizada na regularização das superfícies dos testemunhos, devem ser adiantados os processos de preparo da superfície de modo a não ultrapassar dois dias desde o momento da extração. Após a preparação dos testemunhos, secar a superfície, aguardar até que o excedente de água evapore e alocar os testemunhos em sacos plásticos;
- Deve-se garantir que os testemunhos permaneçam nos sacos plásticos selados por no mínimo cinco dias após a última vez que foram molhados.

Por fim, a norma explica que o período de espera de cinco dias, tem a intenção de reduzir gradientes de umidade introduzidos quando o testemunho é extraído ou molhado durante as operações de regularização da superfície.

## d) NBR 7680 (1983)

A primeira norma brasileira referente à extração de testemunhos de concreto foi a NBR 7680 (1983). Esta norma trazia recomendações para o ensaio, onde várias limitações eram impostas dada a tecnologia disponível na época de sua publicação.

O ponto de maior relevância nesta norma era a fixação de um diâmetro mínimo de extração, igual ou superior a 100 mm. Como à época as estruturas possuíam uma esbelteza relativamente baixa, ou seja, pilares, vigas e lajes eram dotados de dimensões maiores, era possível realizar extrações com testemunhos maiores sem comprometer a integridade da estrutura. Esta norma também fixava um número mínimo de extrações por lote de concreto em seis para diâmetros de extração de 150 mm e de no mínimo dez quando o diâmetro era de 100 mm.

A norma também trazia coeficientes de correção para índices  $h/d$ , conforme a Tabela 9. Nota-se a possibilidade do uso de relação  $h/d$  inferior a 1,00, porém esta possibilidade era restrita a casos especiais de testemunhos de concreto retirados de pavimentação, ou seja, de peças não estruturais. Esta norma também amparava o meio técnico de notações sobre conceitos de lotes, amostragem e procedimentos para extração de testemunhos de concreto.

Tabela 9 – Coeficientes de correção  $h/d$  segundo a NBR 7680 (1983).

$h/d$	Fator de correção
2,00	1,00
1,75	0,97
1,50	0,93
1,25	0,89
1,00	0,83
0,75	0,70
0,50	0,50

## e) NBR 7680 (2007)

Antecessora da norma atual, publicada em 2007, trazia detalhes significativos no tangente a parâmetros restritivos e de orientação para a obtenção de resultados mais fidedignos. Um grande avanço trazido por esta norma foi a recomendação sobre testemunhos com presença de armaduras, onde se preconizava que podiam ser aceitos, desde que as barras

de aço se encontrassem em posição ortogonal e cuja área da seção não ultrapassasse 4% da área da seção transversal do testemunho.

A norma era muito breve no que se tratava de lotes de concreto, apenas citando que: “A cada lote de concreto a ser examinado deve corresponder uma amostra com ‘n’ exemplares retirados de maneira que a amostra seja representativa do lote em exame”. Ficando desta forma sob juízo do projetista estrutural o aceite ou não de um lote de concreto examinado.

A norma preconizava que o diâmetro mínimo dos testemunhos deveria ser ao menos três vezes a dimensão nominal do agregado graúdo contido no concreto e preferencialmente maior ou igual a 100 mm. Tratando-se também de dimensões de testemunhos, assim como a primeira edição, esta norma trouxe novos coeficientes de correção  $h/d$ , conforme a Tabela 10, porém sem a possibilidade de utilização de relações inferiores a 1,00.

Tabela 10 – Coeficientes de correção  $h/d$  segundo a NBR 7680 (2007).

$h/d$	Fator de correção
2,00	1,00
1,75	0,98
1,50	0,96
1,25	0,93
1,00	0,87

Quando da necessidade de adoção dos coeficientes de correção, estes deveriam ser multiplicados pela resistência obtida no ensaio de resistência à compressão. A norma também abria a possibilidade para admissão de testemunhos com resistência inferior ao de projeto, conforme texto a seguir:

Conforme previsto na ABNT NBR 6118 (2003), em 12.4.1, admite-se, no caso de testemunhos extraídos da estrutura, dividir o coeficiente de ponderação das resistências no estado último (ELU) por 1,1.

Esta norma também contemplava recomendações referentes a condições de umidade conforme a seguir:

- Estrutura sem contato com a água:

Quando o concreto da região da estrutura que está sendo examinada não tiver possibilidade de vir a ficar em contato com a água, os testemunhos devem ser preparados e rematados de acordo com a ABNT NBR 5738,

devendo ser estocados no mínimo durante 48h antes da ruptura em local com umidade relativa do ar acima de 50% e obedecendo aos critérios de temperatura da ABNT NBR 5738 (2015).

- Estrutura em contato com a água:

Se o concreto do lote em exame já estiver ou vier a ficar em contato com a água, os testemunhos devem ser preparados, rematados e acondicionados de acordo com a ABNT NBR 5738, no mínimo durante 48h, sendo rompidos na condição saturado superfície seca.

f) NBR 7680 (2015)

A norma atual, editada no ano de 2014 e aprovada em 2015, traz mudanças significativas tanto em parâmetros de cálculo quanto de amostragem de lotes de testemunhos de concreto. A partir desta norma atualizada, deu-se início a um conceito mais detalhado da formação de lotes de testemunhos, conforme é possível constatar na Tabela 11. Esta orientação permite que as amostras ensaiadas tenham uma representatividade do lote como um todo.

É importante destacar que, quando não se tem uma rastreabilidade no lançamento, é imprescindível realizar rastreabilidade via ensaios não destrutivos. Também é necessário notar que mesmo que se tenha rastreabilidade no lançamento, caso o tipo de controle da resistência for por amostragens parciais, é necessário realizar rastreamento via ensaios não destrutivos.

Esta norma trouxe uma alteração no que se refere à presença de barras de aço nos testemunhos. São aceitos testemunhos contendo barras de aço, desde que as barras estejam na direção ortogonal e possuam um diâmetro máximo de 10 mm.

São apontados conceitos relevantes que podem e devem ser levados em consideração no ato da análise dos resultados do ensaio, são estes:

- as dimensões de testemunhos e corpos de prova moldados podem não ser as mesmas (corpos de prova possuem dimensões normatizadas, testemunhos possuem dimensões variando com o diâmetro da broca de extração e a profundidade do elemento estrutural em análise);
- o testemunho pode refletir deficiências do processo executivo;

- o processo de extração gera o que se denomina de “efeito de broqueamento”, que ocorre em todos os casos de extração e é mais acentuado em testemunhos de menor diâmetro;
- a direção da moldagem dos corpos de prova é a mesma da direção de aplicação da carga no ensaio de ruptura. Em testemunhos extraídos, a relação entre a direção do lançamento do concreto (vertical por gravidade) e a direção da aplicação da carga no ensaio de ruptura (normal à extração) pode não ser a mesma. No caso de testemunhos extraídos de pilares e vigas, a aplicação da carga (no ensaio) é ortogonal à direção do lançamento do concreto (na estrutura), o que implica na correção dos resultados do ensaio, devido à orientação da rede capilar ser diferente no testemunho em cada um dos sentidos de execução;
- na moldagem, o corpo de prova é adensado de forma enérgica e homogênea, o que nem sempre ocorre em todos os pontos da estrutura, havendo diferenças de adensamento entre os dois;
- os resultados dos testemunhos são mais representativos da resistência real da estrutura;
- a retirada precoce de escoramentos, em elementos submetidos à flexão, gera microfissuração no concreto, o que não se verifica em corpos de prova moldados e curados em condições ideais de preparação para o ensaio;
- há locais na estrutura onde há risco de segregação do concreto por problemas de lançamento ou adensamento inadequado;
- a cura dos corpos de prova moldados é realizada em câmara úmida ou estes são imersos em água e mantidos à temperatura controlada; já o concreto dos testemunhos pode ter sido retirado de um elemento estrutural que não recebeu cura adequada após a concretagem e que também foi submetido a um regime de temperatura diferente do ideal de laboratório;
- a idade de ruptura dos corpos de prova moldados e dos testemunhos extraídos pode ser diferente, e testemunhos rompidos em idades mais avançadas podem apresentar resistência mais elevada que a do concreto ensaiado a 28 dias.

Tabela 11 – Formação de lotes e quantidade de testemunhos a serem extraídos segundo a NBR 7680 (2015).

Tipo de controle (conforme ABNT NBR 12655)	Mapeado (rastreabilidade)		Formação de lotes	Quantidade de testemunhos por lote	
	No lançamento	Por ensaios não destrutivos			
Amostragem total	Sim	Opcional	Cada lote corresponde ao volume de uma betonada ou de um caminhão betoneira	Aplicado em um elemento estrutural	2
				Aplicado em mais do que um elemento estrutural	3
	Não	Sim	Conforme o mapeamento. Cada lote deve corresponder ao conjunto contido em um intervalo restrito de resultados dos ensaios não destrutivos*	Até 8 m <sup>3</sup>	3**
				Maior que 8m <sup>3</sup> e menor que 50 m <sup>3</sup>	4
Amostragem parcial	Indiferente	Sim	Conforme o mapeamento. Cada lote deve corresponder ao conjunto contido em um intervalo restrito de resultados dos ensaios não destrutivos*	Até 8 m <sup>3</sup>	4
				Maior que 8m <sup>3</sup> e menor que 50 m <sup>3</sup>	6
Casos excepcionais	Vale o critério de amostragem parcial conforme ABNT NBR 12655 (concreto preparado na obra)				

\* Para o índice esclerométrico e velocidade de propagação de onda ultrassônica, recomenda-se que seja adotado como dispersão máxima do conjunto de resultados o intervalo de  $\pm 15\%$  do valor médio.

\*\* Em se tratando de um único elemento estrutural, a quantidade de testemunhos deve ser reduzida a dois, de forma a evitar danos desnecessários

Nesta nova versão, foram ramificadas as variantes de ensaio, sendo estabelecidos coeficientes de minoração da resistência, ante cada caso. Os resultados obtidos no ensaio de resistência à compressão axial dos testemunhos são identificados por  $f_{ci,ext, inicial}$ . Estes resultados devem ser corrigidos pelos coeficientes de  $k_1$  a  $k_4$ , conforme descritos a seguir.

- Relação  $h/d$  ( $k_1$ )

Os coeficientes de correção  $k_1$  estão dispostos na Tabela 12.

Tabela 12 – Valores do coeficiente  $k_1$  segundo a NBR 7680 (2015).

$h/d$	2,00	1,88	1,75	1,63	1,50	1,42	1,33	1,25	1,21	1,18	1,14	1,11	1,07	1,04	1,00
$k_1$	0,00	-0,01	-0,02	-0,03	-0,04	-0,05	-0,06	-0,07	-0,08	-0,09	-0,10	-0,11	-0,12	-0,13	-0,14

- Efeito do broqueamento em função do diâmetro do testemunho ( $k_2$ )

Como citado anteriormente, uma das alterações na norma, foi a inclusão do fator de broqueamento, que traduz a microfissuração provocada pelo processo de extração, efeito este quantificado através da Tabela 13.

Tabela 13 – Valores do coeficiente  $k_2$  de efeito de broqueamento em função do diâmetro do testemunho segundo a NBR 7680 (2015).

Diâmetro do testemunho ( $d_t$ ) mm	≤ 25	50*	75	100	≥ 150
$k_2$	Não permitido	0,12	0,09	0,06	0,04

\* Neste caso, o número de testemunhos deve ser o dobro daquele estabelecido na Tabela 11

Nesta pesquisa, uma das variáveis principais estudadas é justamente o  $k_2$ , referente aos diâmetros de 25, 50, 75 e 100 mm, onde será possível verificar o efeito deletério do broqueamento.

- Direção da extração em relação ao lançamento do concreto ( $k_3$ )

Para extrações realizadas na direção ortogonal ao lançamento do concreto, como pilares, cortinas e paredes, o valor de  $k_3$  é 0,05. Já para extrações realizadas paralelamente à direção de lançamento, como lajes, o valor de  $k_3$  é 0. Cabe destacar que nesta pesquisa este é um dos fatores que será analisado.

- Efeito da umidade do testemunho ( $k_4$ )

Diferentemente da sua antecessora, onde a variável umidade era tratada no modo de rompimento dos testemunhos (seco ou saturado superfície seca), esta norma traz em seu corpo, coeficientes de correção  $k_4$  para a dita finalidade.

Quando o concreto da estrutura que está sendo analisada não estiver em contato com água, os testemunhos devem ser mantidos expostos ao ar, em ambiente de laboratório por no mínimo 72h e deve ser utilizado o coeficiente correção  $k_4$  de -0,04. Já para quando o concreto estiver em contato com a água, os testemunhos devem ser acondicionados em tanque de cura ou câmara úmida, sendo rompidos saturados, utilizando-se  $k_4$  de 0.

Considerando-se os valores  $k$ 's caso a caso, é possível calcular o  $f_{ci,ext}$ , de acordo com a Equação(10) a seguir:

$$f_{ci,ext} = [1 + (k_1 + k_2 + k_3 + k_4)] \times f_{ci,ext,inicial} \quad (10)$$

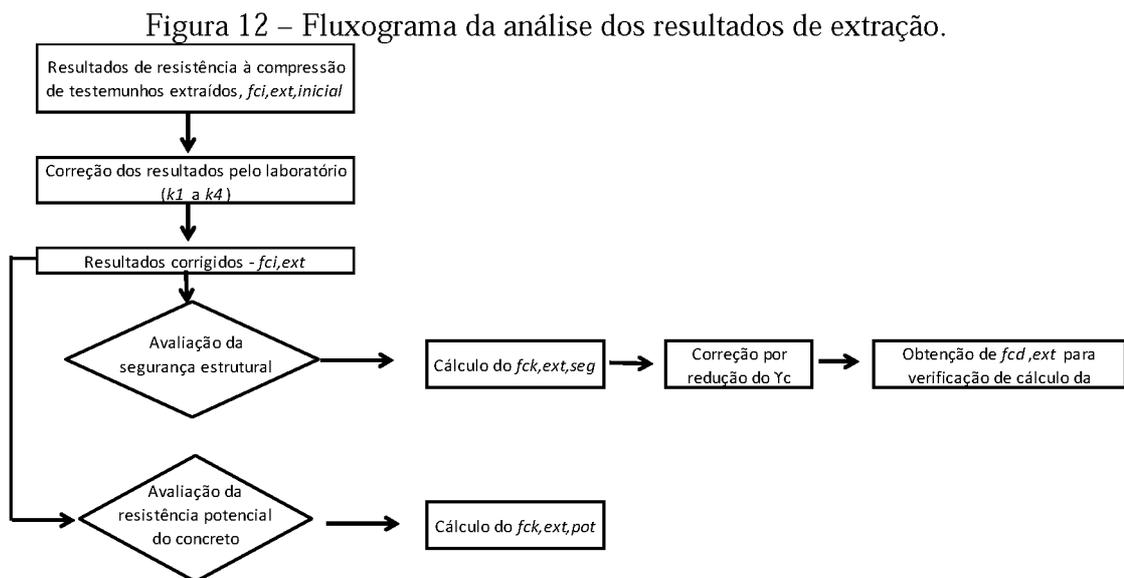
A NBR 7680 (2015) fornece ainda diretrizes para a avaliação da resistência do concreto para fins de verificação da segurança estrutural. Neste caso a estimativa da resistência característica do lote é dada pela média dos resultados individuais do dado lote, porém a resistência de projeto  $f_{cd}$  a ser usada na verificação da estrutura deve ser calculada segundo a minoração  $\gamma_c$  prevista na NBR 6118 (2014).

Para verificação do aceite ou não de um concreto, deve ser considerado para comparação com o  $f_{ck}$ , o maior valor de resistência dos testemunhos extraídos de cada lote,  $f_{c,ext,pot}$ . O concreto deve ser aceito quando obedecer à seguinte relação:

$$f_{c,ext,pot} \geq f_{ck}$$

Sendo  $f_{c,ext,pot}$  o maior valor de  $f_{ci,ext,pot}$  de cada lote.

Quando da desconfiança da resistência à compressão do concreto em uma dada estrutura, a NBR 7680 (2015) traça um fluxograma exemplificando as ações a serem tomadas, fluxograma este presente na Figura 12.



(Fonte: NBR 7680 (2015))

### 2.5.2 Cuidados necessários à extração de testemunhos

Devem-se tomar cuidados no que tange a qualidade dos testemunhos extraídos, pois a maior parte das normas em vigor exige que as amostras extraídas representem um lote examinado. Segundo Silva Filho e Helene (2011), a definição dos pontos de extração deve ser efetuada com cautela, fazendo com que as informações do projeto estrutural sejam

consideradas garantindo que o processo de retirada não coloque em risco a estabilidade da estrutura. Somado a isto, é necessária atenção especial na definição do número de pontos de extração, pois, por mais que seja interessante coletar mais dados para verificação, deve-se considerar que cada retirada causa um dano localizado à estrutura.

Segundo Bungey e Millard (2006), o local para a retirada dos testemunhos deve ser em pontos onde os esforços a que a estrutura está submetida sejam mínimos. De acordo com Helene (2011), para que se tenha uma análise confiável da resistência dos testemunhos extraídos, devem-se utilizar máquinas de extração adequadas e sem folga no eixo, fixadas adequadamente à estrutura para que não ocorram trepidações durante a extração, além de empregar coroa diamantada nova nos cálices. Subsequentemente, evitar, no caso de pilares, a extração de mais de um testemunho, porém caso necessário, extrair outro que seja na mesma vertical e face.

A NBR 6118 (2014) recomenda o uso do procedimento da NBR 7680-1 (2015), que estabelece limites de desempenho para o equipamento de extração e, diâmetro dos testemunhos, buscando-se sempre não cortar a armadura e sazoadando os testemunhos em laboratório ao ar por 72 horas antes da ruptura, sempre que a estrutura não estiver submersa.

A NBR 7680-1 (2015) indica que o diâmetro do testemunho cilíndrico deve ser pelo menos três vezes maior que a dimensão nominal do agregado graúdo contido no concreto e que devem apresentar coeficiente de esbelte  $h/d$  na faixa de  $1 \leq h/d \leq 2$ .

É recomendado pelas NBR 6118 (2014) e NBR 7680-1 (2015), que se efetue amostragem de testemunhos extraídos de concreto somente de regiões sãs e íntegras, sempre quando o objetivo seja avaliar a resistência à compressão do concreto. Esta recomendação também é observada por Helene (2011). Estes parâmetros visam buscar a resistência potencial do concreto, uma vez que caso se faça a extração de regiões onde o concreto não está íntegro, os resultados podem ser írisórios, isto provavelmente devido a efeitos de lançamento e não por qualidade inadequada do produto.

### 2.5.3 Fatores que afetam a resistência de testemunhos de concreto

Especificamente no Brasil, a influência do tamanho dos corpos de prova sobre a resistência é tratada pela NBR 5738 (2015) e NBR 5739 (2007), que preconizam que os corpos de prova sejam cilíndricos, havendo a possibilidade de possuírem diâmetros ( $d$ ) de 100, 150, 250 ou 450 mm, com altura ( $h$ ) equivalente a  $2d$ . Em trabalhos de inspeção

baseados em extração de testemunhos, a NBR 6118 (2014) preconiza que seja determinado  $f_{c,ext,j}$ , que representa a resistência à compressão do concreto, obtida a partir de testemunhos extraídos e ensaiados, com carregamento único, instantâneo e monotônico, através de procedimento padronizado, em uma idade  $j$  qualquer, em geral superior a 28 dias. Para os testemunhos de concreto, é possível realizar o ensaio com diâmetros menores, conforme a NBR 7680-1 (2015), onde se autoriza o uso de diâmetros de até 50 mm.

Segundo Farias (2006) os fatores que mais interferem na resistência à compressão obtida a partir de testemunhos de concreto são:

- Diâmetro dos testemunhos;
- Influência da razão entre as dimensões do testemunho;
- Presença de armadura nos testemunhos;
- Condição de umidade do testemunho na hora dos ensaios;
- Direção da extração, paralelamente ou ortogonalmente à direção do lançamento do concreto;
- Extração em elementos estruturais com características de exsudação;
- Influência da ação do broqueamento durante a extração (microfissuração provocada pelo processo de extração);
- Número de testemunhos utilizados para a determinação do valor médio da resistência efetiva.

Outro efeito presente em todos os testemunhos de concreto é o efeito parede. Segundo Gutschow (1995), em testemunhos, as partículas de agregado não estão totalmente envolvidas pela argamassa, pois durante a extração ocorre o corte das partículas de agregado que estão no contorno, desta forma durante o ensaio de compressão axial, os agregados presentes na camada externa tendem a ser expelidos, ocasionando a perda de resistência dos testemunhos.

No que concerne os esforços para a quantificação e obtenção de fatores de correção da resistência de testemunhos de concreto, para que o resultado do ensaio se aproxime do valor do concreto aplicado, Fiore *et al.* (2013) afirma “o testemunho não é a estrutura”. Tendo em vista esta afirmativa, o meio técnico deve ter consciência que os fatores que serão descritos a seguir, tratam-se de quantificações para aproximação do valor real do concreto na estrutura e nunca a representação real.

a) Diâmetro dos testemunhos

Um dos maiores questionamentos a que se direciona o ensaio de compressão de testemunhos de concreto vem justamente da definição do diâmetro. A ASTM C 42 (2013) exige diâmetros que tenham no mínimo 95 mm, contemplado o requisito de que o agregado do concreto utilizado tenha  $D_{máx}$  inferior a 37,5 mm. Existem recomendações que indicam que os testemunhos com diâmetros menores só devem ser usados quando não for possível obter uma relação altura/diâmetro superior a 1,0, porém nestes casos pode-se utilizar a colagem de testemunhos para atingir a relação adequada. Em concordância com a ASTM C 42 (2013), a NBR 7680-1 (2015) recomenda que o diâmetro do testemunho cilíndrico seja pelo menos três vezes a dimensão máxima do agregado graúdo.

Bungey e Millard (2006) afirmam que o diâmetro é uma das variáveis que mais pode afetar o resultado final do ensaio, por isso geralmente são utilizados os de 75 mm ou 100 mm. Ainda segundo Bungey e Millard (2006), a resistência à compressão de testemunhos irá decrescer ao passo que o diâmetro é aumentado, porém para diâmetros acima de 100 mm esse efeito será pequeno, enquanto que para diâmetros menores este efeito terá maior significância.

Segundo Moreira *et al.* (2003) *apud* Farias (2006), em concretos com resistências próximas a 20 MPa, e agregado com  $D_{máx}$  de 19 mm, existem diferenças significativas entre os resultados obtidos a partir de ensaios realizados com diâmetros de 100 e 75 mm. Já para a mesma situação, porém com agregado de  $D_{máx}$  de 9,5 mm, não houve estatisticamente diferença significativa entre os resultados.

Tuncan *et al.* (2008) estudaram o efeito da dimensão máxima dos agregados e concluíram que quanto maior o diâmetro do agregado, menor é a resistência, encontrando uma maior relevância deste efeito em diâmetros de testemunhos de menor dimensão.

Vieira Filho (2007) constatou para testemunhos de diâmetro 25mm, que os valores de resistência à compressão mantiveram uma tendência sistemática de valores superiores tanto em relação a outros testemunhos quanto a corpos de prova moldados. Este autor constatou também que nas amostras com diâmetro reduzido, os coeficientes de variação foram maiores, conclusão esta encontrada também no estudo de Tuncan *et al.* (2008) e Castro (2009).

De acordo com Ariöz *et al.* (2006), num estudo envolvendo testemunhos de diâmetros de 144 mm e 94 mm, foi constatado que o diâmetro de maior dimensão resultou valores de resistência à compressão maiores que o de menor dimensão. Castro (2009) e Almeida *et al.* (2014), afirmam também que quando se utilizam testemunhos de diâmetro menor do que 100 mm, ocorre uma tendência de redução da resistência, sendo que este último autor encontrou

diferenças de 59% entre testemunhos com 100 mm ante amostras com 31 mm. Estas conclusões contrariam os resultados de Bungey e Millard (2006) e Vieira Filho (2007) citados anteriormente.

Outro autor que realizou estudos nesta área, realizando em acréscimo correlações com cubos de concreto, foi Indelicato (1993). Em seu trabalho, foi estudada a possibilidade de uso de testemunhos de concreto com diâmetros de 28 mm. Ao total, o pesquisador citado ensaiou 480 testemunhos, extraídos de 240 cubos de concreto e comparou com outros 240 cubos de concreto de mesma formulação. Em suas conclusões, esse autor cita que é possível utilizar testemunhos de diâmetros reduzidos para determinar a resistência de cubos de concreto, e, de maneira análoga, estimar a resistência de cilindros de concreto.

A BS EN 12504-1 (2009) possui no Anexo A parâmetros para análise que fornecem coeficientes de correção para o efeito do diâmetro do agregado e do diâmetro do testemunho, para amostras com dimensões de 100 mm, 50 mm e 25 mm. A Tabela 14 sugere estes coeficientes de correção.

Tabela 14 – Efeito do tamanho do agregado e do diâmetro dos testemunhos, na resistência à compressão.

Diâmetro do agregado	Relação entre a resistência de testemunhos com diâmetros de:	
	100 / 50 mm	50 / 25 mm
20 mm	1,07	1,20
40 mm	1,17	1,19

(Fonte: Anexo A – BS EN 12504-1 (2009))

Conforme a Tabela 14, nota-se que quanto maior o diâmetro do agregado utilizado, maior é o fator de correção necessário, ou seja, a interferência no resultado é mais significativa. Também ainda de acordo com a Tabela 14, com o decréscimo do diâmetro utilizado na extração, maior os coeficientes de correção e analogamente maior a interferência deste parâmetro.

Diante do exposto, fica claro que o diâmetro do testemunho extraído tem influência direta na resistência à compressão final. Assim, a escolha do diâmetro a ser utilizado na extração, deve se amparar não somente nos coeficientes de correção, mas também em recomendações normativas, existência de projetos estruturais, visando identificar posições de armaduras e também do bom senso, para que não se faça um processo de extração de maneira equivocada.

b) Relação altura / diâmetro ( $h/d$ )

Coefficientes de correção que concernem a relação  $h/d$  tem o intuito de corrigir o ganho de resistência provenientes da redução desta relação. No caso de se ter dois exemplares do mesmo concreto em testemunhos com relações  $h/d$  diferentes, o resultado do ensaio de resistência à compressão do testemunho de menor relação, será maior. Isto ocorre porque a distribuição das tensões no interior de um testemunho com maior altura em relação ao diâmetro irá gerar momentos que levarão a amostra ao colapso com uma carga menor do que um testemunho com menor altura em relação ao diâmetro. Segundo Uva *et al.* (2013), em corpos de prova ou testemunhos de concreto com relação  $h/d$  próxima de 1,0, a carga de colapso é muito elevada, devido à dilatação lateral reduzida que ocorre durante o ensaio. Já para amostras onde a relação  $h/d$  é próxima de 2,0, a capacidade de suporte da carga é muito menor.

Corpos de prova cilíndricos moldados e normatizados no Brasil e em outros países do mundo tem uma razão  $h/d$  de 2,0, porém para o caso de testemunhos de concreto, esta consideração não se faz sempre verdadeira. Isto ocorre, pois o diâmetro depende da coroa diamantada escolhida, decisão esta dada pelas condições de campo, e a altura do testemunho depende diretamente da espessura do elemento estrutural em análise. No caso de lajes, vigas ou pilares esbeltos, pode acontecer do testemunho possuir uma altura que não possibilite atingir uma relação  $h/d$  de 2,0, necessitando-se dos então mencionados fatores de correção da relação  $h/d$ .

Issa e Sacomonte (2007) citam que se o testemunho possuir relação  $h/d$  superior a 2,0, a solução é o corte para que este adquira relação de 2,0. Porém quando a relação  $h/d$  é inferior a 2,0, a solução normalmente realizada é o uso de coeficientes de correção.

De acordo com Cremonini (1994), coeficientes de correção, resultantes da pesquisa de diversos autores e normas de alguns países, demonstram que a variação de correção não é linear, reduzindo de intensidade ao se aproximar de  $h/d$  de 2,0, conforme a Tabela 15.

Neville (2001) conclui, no que tange o estudo sobre a relação  $h/d$ , que amostras com esta relação menor que uma unidade devem ser descartadas, pois os coeficientes de correção irão implicar em maiores incertezas nos resultados, dada a magnitude da correção.

É recomendado que no momento do corte do testemunho, se verifique a região mais íntegra da amostra, para que no ato do ensaio esteja sendo colocado à prova um concreto que represente a resistência potencial.

“Todos os estudos comprovam que quanto menor a relação altura/diâmetro, maior é a resistência à compressão obtida e consequentemente numericamente menor é o coeficiente, ou fator de correção, pelo qual se multiplica o resultado para se obter o equivalente a um testemunho de esbeltez igual 2,0” (VIEIRA FILHO, 2007, p. 91).

Tabela 15 – Coeficientes de correção devido à relação altura / diâmetro ( $h/d$ ).

Pesquisador / Norma	Relação $h/d$						
	2,00	1,75	1,50	1,25	1,00	0,75	0,50
Petrucci (1956)	1,00	0,98	0,96	0,94	0,85	0,70	0,70
Petersons (1968)	1,00	0,97	0,95	0,89	0,83	0,77	0,71
Tobio (1968)	1,00	1,00	0,97	0,91	0,87	---	---
Meininger <i>et al.</i> (1977)	1,00	0,98	0,96	0,93	0,87		
Bungey (1979)	1,00	---	---	---	0,77	---	---
BS 1881 (1983)	1,00	0,97	0,92	0,87	0,80	---	---
Sangha & Dhir (1984)	1,00	---	0,95	---	0,83	---	---
UNE 83302 (1984)	1,00	0,98	0,96	0,94	0,90	---	---
Neville (1997)	1,00	0,97	0,93	0,90	0,85	---	---
Issa e Sacomonte (2007)	1,00	0,94	0,89	0,84	0,80		
NBR 7680 (2007)	1,00	0,97	0,93	0,89	0,83	0,70	0,50
JIS A11 (2007)	1,00	0,98	0,96	0,94	0,89	---	---
ASTM C - 42 (2013)	1,00	0,98	0,96	0,93	0,87	---	---

(Fonte: Adaptado de Cremonini, 1994)

Seguindo a prerrogativa de que amostras com a relação  $h/d$  menor do que 1,0 devem ser descartadas, surge uma problemática para ocasiões em que não é possível se obter relações superiores apenas com o procedimento de extração *in situ*. Casos como lajes em concreto protendido, lajes alveolares, regiões com alta densidade de armaduras e peças com esbeltez elevada, são alguns exemplos de situações em que pode não ser possível obter um testemunho com relação  $h/d$  mínimo. Surge então, segundo Medeiros *et al.* (2014) (B), a possibilidade de confeccionar testemunhos com relação  $h/d$  aceitável, pela colagem de partes extraídas utilizando argamassa de consolidação.

Na pesquisa de Medeiros *et al.* (2014), foram ensaiados testemunhos maciços e testemunhos em duas fatias e em três fatias (Figura 13), de modo a avaliar se o processo de colagem das partes afetaria de forma significativa o resultado final. Foi comprovado através deste estudo que, o procedimento é adequado desde que a argamassa utilizada na colagem das fatias tenha resistência à compressão equivalente à do concreto em análise.

Figura 13 – Testemunhos confeccionados com colagem de partes extraídas.



(Fonte: Medeiros *et al.* 2014)

Mesmo com a possibilidade da colagem de partes de testemunhos extraídos, Ariöz *et al.* (2006) afirmam que amostras tendo relação  $h/d$  de 0,75, são passíveis de uso, desde que sejam empregados coeficientes de correção apropriados.

Os estudos mencionados atestam o nível de interferência que o fator  $h/d$  possui sobre o resultado final de testemunhos extraídos de concreto. Mesmo levando em consideração este fator na correção da resistência à compressão, segundo Yi *et al.* (2005), para a mesma amostra de concreto, podem-se obter resultados diferentes. Isto ocorre, pois fatores como a forma, ortogonalidade e regularização do testemunho, influenciam no ensaio de compressão axial.

c) Presença de armadura

Quando se realiza o ensaio de extração de testemunhos de concreto, recomenda-se antes proceder com um ensaio não destrutivo, visando localizar as armaduras. Esse ensaio é normalmente feito utilizando-se um localizador de armaduras ou pacômetro. Este procedimento é importante para evitar que o testemunho seja extraído cortando armadura, pois é conhecido que, quando se ensaia um testemunho à compressão axial com algum tipo de resquício de armadura em seu interior, o resultado será comprometido. Sobre este tema a NBR 7680 (2015) cita:

“Podem ser aceitos testemunhos que contenham barras de aço em direção ortogonal (variando de 80° a 100°) desde que estas tenham diâmetro nominal de no máximo 10 mm. Devem ser descartados testemunhos que contenham barras de armaduras cruzadas, na mesma seção, dentro do terço médio da altura do testemunho, ou falta de aderência na barra de aço ao concreto”.

As recomendações contidas na norma brasileira são fidedignas às conclusões citadas pela Concrete Society (1976) que referencia uma redução da resistência em função da posição do aço, citando que o efeito é maior quanto mais distante o aço estiver das extremidades do testemunho.

Neville (1997) preconiza que, devido a diversos fatores envolvidos e por dados conflitantes de outras pesquisas, não é possível ter um fator confiável que leve em consideração a presença de barras transversais de aço. O ideal, quando possível, é extrair testemunhos de regiões onde não haja armadura, pois além dos fatores já citados, o corte de armadura pode gerar danos à própria estrutura.

A Tabela 16 apresenta resumidamente o que alguns autores afirmam sobre a presença de armaduras em testemunhos.

Tabela 16 – Recomendações para testemunhos com presença de armaduras.

Autor / Pesquisador	Recomendações
Petersons (1968)	Presença de armaduras transversais nos testemunhos ocasiona redução na resistência em 4%, não sendo considerado um valor significativo para o cálculo da resistência.
Malhotra (1968)	Em alguns ensaios as resistências dos testemunhos não houve redução, porém em outros trabalhos deste autor houve redução variando entre 8% e 18%. As maiores reduções na resistência ocorreram em testemunhos com razão $h/d$ igual a dois, sendo que em relações menores a redução da resistência não foi grande.
Bellander (1979)	Pesquisa despreza o efeito da presença de armaduras perpendiculares ao eixo dos testemunhos, considerando que a redução média não ultrapassa 4%.
Lewandowski (1981)	Concluiu que para uma taxa de 0 a 3,4% de armaduras no interior dos testemunhos, a redução da resistência é em torno de 3%.
Bartlett e MacGregor (1994)	Apontam que, caso haja uma barra presente dentro do testemunho, a redução é de 8%, porém para o caso de duas barras, a redução da resistência muda para 13%.
Tay e Tam (1996)	Não geraram conclusões numéricas, porém recomendaram que ao longo do comprimento dos testemunhos não devem existir armaduras.

(Fonte: Adaptado de Farias, 2006)

Às vistas das recomendações anteriormente descritas, fica claro que existe uma concordância geral apenas quando se refere a evitar o ensaio à compressão de amostras com barras de aço, pois foi comprovado que o resultado do ensaio é afetado negativamente.

Além da interferência que barras de aço trazem nos resultados de testemunhos extraídos, é importante ressaltar que a ação de seccionar o aço de uma estrutura de concreto armado, pode comprometer o desempenho do elemento em análise. Partindo desta premissa, a NBR 7680 (2015) cita em seu corpo que, caso a armadura seja seccionada pelo processo de

extração, se faz necessário recuperar o elemento estrutural afetado através de emendas de barras de aço por transpasse, por ancoragem de novas barras, por emenda com solda ou por emenda de luvas de pressão. Além disto, o processo deve ser orientado por um projetista estrutural e supervisionado pelo responsável pela execução da obra.

d) Condições de umidade

Na realização do ensaio de extração, o testemunho é superficialmente saturado, pois o equipamento utilizado no processo é resfriado à água, de modo a evitar o superaquecimento da broca em virtude do atrito gerado pelo processo rotativo de grande velocidade. Os testemunhos também entram em contato com a água quando suas superfícies são regularizadas através de retífica, que utiliza água para resfriamento no processo de corte. Salvas estas duas ocasiões, onde o contato com a água é necessário, a condição de umidade dos testemunhos quando da realização do ensaio de compressão axial foi estudada em alguns trabalhos. Cremonini (1994) lista uma série de pesquisadores que realizaram estudos no tangente a esse assunto, estudos estes listados na Tabela 17.

Tabela 17 – Relação entre a resistência de testemunhos rompidos secos e saturados.

<b>Autor / Pesquisador</b>	<b>Relação <math>f_{seco} / f_{saturado}</math></b>
Bloem (1968)	1,10 a 1,25
Petersons (1971)	1,20
Ortiz e Diaz (1973)	1,20
Liniers (1974)	1,20
Calavera (1975)	1,10 a 1,15
Kasay e Matui (1979)	1,08
Neville (1982)	1,05 a 1,10
Bartlett e MacGregor (1994)	1,09 a 1,14
Fiore <i>et al.</i> (2013)	0,98 a 1,09

(Fonte: Adaptado de Cremonini, 1994)

Bartlett e Macgregor (1994) em seus estudos verificaram as diferenças entre as condições de umidade em que os testemunhos são submetidos antes de serem testados no ensaio de compressão axial. Foi constatado que a saturação acaba por gerar expansão da superfície da amostra, ao passo que a secagem ao ar causa retração da superfície da amostra. Entretanto foi observado que períodos de saturação e secagem não alteram uniformemente a

umidade no interior dos testemunhos, contendo a expansão e retração superficial, gerando tensões que podem intervir nos resultados obtidos no ensaio de resistência à compressão. Desta forma, a interferência da umidade na resistência é atribuída ao gradiente de umidade entre o interior e exterior dos testemunhos.

e) Direção da extração em relação à concretagem

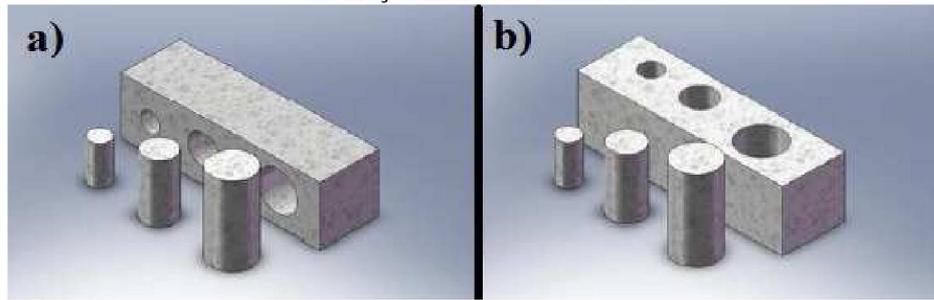
Corpos de prova cilíndricos, moldados de maneira padronizada da NBR 5739 (2007) são rompidos na mesma direção em que são moldados. No entanto, muitas vezes durante a extração, não é possível obter o testemunho na direção da concretagem, como é o caso de pilares e vigas, principalmente.

Neville (2001) afirma que a resistência de testemunhos extraídos ortogonalmente à concretagem é menor que a resistência dos testemunhos extraídos paralelamente à direção da concretagem. Petersons (1968) estabelece que testemunhos extraídos na direção ortogonal, apresentam uma resistência em média 12% inferior à obtida se a extração tivesse sido realizada na direção paralela à concretagem.

Segundo Neville (2001), a diferença encontrada entre os resultados de testemunhos extraídos nas direções distintas se dá devido ao fato de que o broqueamento com o equipamento fixado voltado para baixo (paralelamente à concretagem) permite uma fixação mais adequada, ao passo que o broqueamento com o equipamento fixado na horizontal (ortogonal à concretagem), gera pequenas movimentações do aparelho ocasionando ondulações ao longo da altura do testemunho e por consequência reduzindo o resultado do ensaio.

No estudo de Ergün e Kürklü (2012), foi encontrado que a resistência de testemunhos extraídos paralelamente à concretagem gera resultados em média 4% superiores àqueles extraídos ortogonalmente à concretagem. Estes autores também exemplificam visualmente a diferença entre extrações paralelas e ortogonais ao lançamento do concreto, conforme Figura 14.

Figura 14 – Direção de extrações – a) ortogonal ao lançamento do concreto; b) mesmo sentido de lançamento do concreto.



(Fonte: Ergün e Kürklü (2012))

Farias (2006) fez uma sumarização de relações da resistência de testemunhos extraídos paralelamente à concretagem e ortogonalmente à concretagem, encontrados por diversos pesquisadores, sumarização esta encontrada na Tabela 18.

Tabela 18 – Relação entre a resistência de testemunhos extraídos paralelamente e ortogonalmente à direção de concretagem.

Fonte	Relação - $f_c$ , paralelo / $f_c$ , normal
Petersons (1964)	1,1
Petersons (1971)	1,12
Petersons (1973)	1,03
Líniers (1974)	1,05
Concrete Society (1976)	1,08
Meininger (1977)	1,07
Bungey (1979)	1,09
Kasai e Matui (1979)	1,04
BS 6089:1981	1,087
Neville (1982)	1,08
BS 1881 (1983)	1,08
Munday e Dhir (1984)	1,05 a 1,11
Gonçalves (1987)	>1,02
Cánovas (1988)	1,05 a 1,08
Ergün e Kürklü (2012)	1,04

(Fonte: Adaptado de Farias, 2006)

Neville (2001) ainda cita outra possibilidade para a diferença dos resultados encontrados em extrações paralelas e ortogonais à concretagem, sendo esta a água de exsudação. Esta água não compromete o ensaio quando a carga aplicada na compressão é normal aos “bolsões” de água presos abaixo dos agregados graúdos, porém para o caso destes

“bolsões” de água estarem paralelos aos eixos do testemunho, podem resultar numa fragilização da amostra.

Com base nos estudos realizados pelos diversos autores e as recomendações dadas por estes em seus trabalhos, há de se frisar o consenso, na bibliografia levantada, no quesito que o equipamento deve estar bem fixado e que existe uma diferença nos resultados de testemunhos extraídos em direções distintas. Uma ressalva deve ser feita, Bartlett e MacGregor (1994) afirmam que em concretos de alta resistência, não é encontrada diferença entre testemunhos extraídos de direções diferentes, levantando assim a necessidade de estudos na área.

f) Efeitos de broqueamento

Neville (2008) aponta que a microfissuração provocada pelo processo de extração (efeito de broqueamento) é um dos motivos pelos quais a resistência dos testemunhos de concreto é menor do que a de corpos de prova moldados.

Bartlett e MacGregor (1994), afirmam que, entre os danos causados ao testemunho pelo processo de extração, além do corte das partículas dos agregados, incluem-se também possíveis ondulações ao longo da amostra extraída.

Qualquer tipo de alteração na geometria do testemunho, sendo mínima ou não, pode alterar sensivelmente os resultados do ensaio de compressão axial. Desta forma a afirmação dada pelos autores citados anteriormente elucida o fato de que ondulações geradas pelo processo de corte e extração podem ser caracterizadas como corresponsáveis pelo chamado efeito de broqueamento.

g) Resistência e idade do concreto

Além dos fatores já citados, a classe de resistência do concreto o qual está sendo ensaiado tem influência direta nos resultados finais dos testemunhos, fator este que é estudado neste trabalho. Murdock e Kesler (1957) apontaram que o nível de resistência do concreto possui influência direta nos resultados de resistência à compressão de testemunhos, sendo que concretos de resistência mais baixa geram maiores diferenças quando comparados com corpos de prova moldados, do que concretos de resistência mais alta.

Quando se realiza o ensaio de extração, o concreto é submetido aos efeitos de broqueamento conforme mencionado anteriormente, porém este efeito pode ser mais ou

menos acentuado, dependendo do próprio nível de resistência do concreto *in loco*. Solanki *et al.* (2012), num estudo comparativo entre concretos de resistência normal e de alta resistência, conclui que concretos de resistência mais alta, por serem mais frágeis do que de resistência mais baixa, experimentam menos micro fissuração na zona de transição.

#### 2.5.4 Reparo dos locais de extração

Como já mencionado, a extração de testemunhos de concreto gera danos localizados ao elemento estrutural em análise. Desta maneira, a NBR 7680 (2015) trás em seu Anexo A, um informativo explicitando como deve ser feito o reparo dos locais de extração, procedimento descrito a seguir.

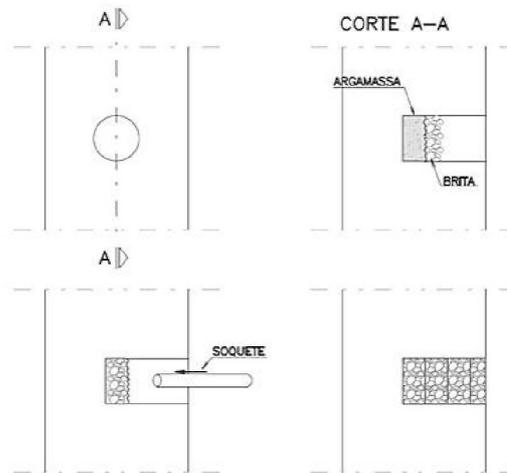
É necessário ressaltar que o procedimento retratado na NBR 7680 (2015) é informativo, ou seja, outros procedimentos podem ser executados, desde que sejam garantidos resultados satisfatórios.

Todas as vezes em que se realizar o processo de extração em um elemento estrutural, o reparo deste deve ser realizado o quanto antes, evitando assim o ataque da estrutura por agentes agressivos presentes no ambiente.

Segundo a NBR 7680 (2015), inicialmente deve-se proceder com o lixamento da superfície da furação com o auxílio de lixa para concreto ou escova de aço giratória, objetivando promover a rugosidade no interior do furo, melhorando a aderência do concreto velho com o concreto de reparo. Antes de se proceder com o preenchimento do furo, a superfície interna deve estar limpa e saturada superfície seca, propiciando melhor aderência entre o concreto existente com o material de reparo.

Para preenchimento dos furos horizontais, recomenda-se a utilização do socamento de argamassa seca (*dry pack*), na dosagem de duas partes de cimento para uma de agregado miúdo, sendo que a água da mistura deve equivaler a cerca de 10% do volume de cimento, obtendo uma argamassa de consistência seca. A adição do agregado graúdo se dá após a disposição da argamassa no interior do furo, seguindo a sequência de uma camada com espessura inferior a 5 cm de argamassa, seguida da camada de agregado graúdo. Após a colocação da camada de argamassa e agregado graúdo, com o auxílio de um soquete metálico, deve-se socar as camadas de modo que a camada de agregado graúdo seja misturada com a camada de argamassa. A exemplificação deste procedimento encontra-se na Figura 15.

Figura 15 – Sequência de execução do reparo via argamassa seca (*dry pack*) segundo a NBR 7680 (2015).



(Fonte: NBR 7680 (2015))

Após o preenchimento total da furação, a superfície deve ser regularizada com a face do elemento estrutural e em sequência dar-se início ao processo de cura através de aspersão de água.

No caso de extrações paralelas à concretagem, o preenchimento pode ser realizado com graute industrializado ou concreto auto adensável. É importante que o material de preenchimento das furações (argamassa ou graute), tenha características de resistência no mínimo iguais à resistência especificada no projeto do elemento estrutural.

### 3 PROGRAMA EXPERIMENTAL

O programa experimental descrito abaixo tem início com a descrição dos materiais utilizados na dosagem dos concretos, englobando as características de cimento e agregados, assim como os quantitativos de materiais por traço de concreto e o plano de concretagem.

Em seguida é descrito o planejamento do experimento com o método de avaliação e análise estatística proposta, assim como a especificação de todos os procedimentos realizados para avaliar os efeitos em estudo. Finaliza-se este capítulo com o descritivo dos ensaios complementares.

#### 3.1 MATERIAIS

##### 3.1.1 Cimento Portland

Para a dosagem dos concretos, foi utilizado o cimento Portland CP IV-32 cujas características físicas e químicas encontram-se na Tabela 19.

Tabela 19 – Características físicas e químicas do cimento CP IV-32

<b>Característica</b>	<b>Unidade</b>	<b>CPIV 32</b>
Superfície específica Blaine	m <sup>2</sup> /g	0,4269
Massa específica	g/cm <sup>3</sup>	2,83
Finura Peneira #200 (abertura 75 µm)	% retida	0,54
Finura Peneira #325 (abertura 45 µm)	% retida	2,77
Início de pega	h:min	04:14
Fim de pega	h:min	04:58
Resistência à compressão 3 dias	MPa	26,8
Resistência à compressão 7 dias	MPa	33,7
Resistência à compressão 28 dias	MPa	45,4
Água de consistência de pasta	%	30,5
Perda ao fogo	%	3,50
Resíduo insolúvel	%	25,68
SO <sub>3</sub>	%	2,30
MgO	%	3,04
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	9,89
SiO <sub>2</sub>	%	29,50
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	3,83
CaO	%	44,92
CaI livre em CaO	%	0,72

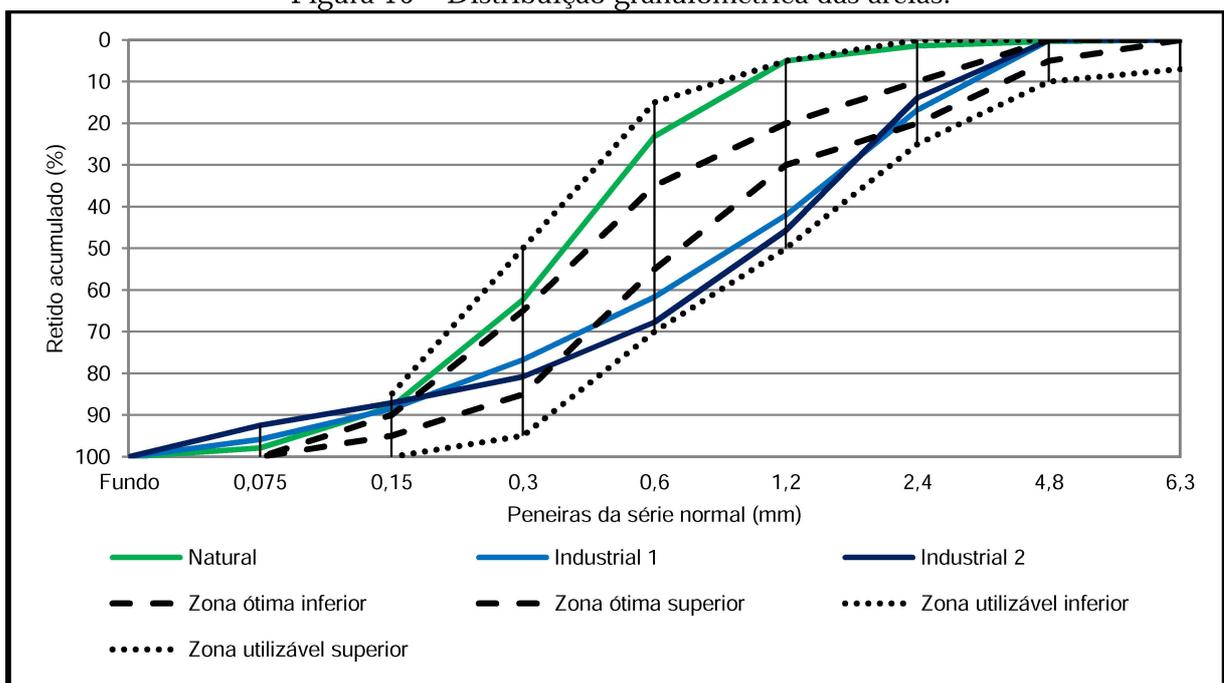
(Fonte: Relatório de ensaios Cia. de Cimento Itambé – 2015)

Este cimento, regulamentado pela ABNT NBR 5736 (1991), foi escolhido por se tratar do cimento utilizado na empresa de serviços de concretagem que forneceu o concreto para este trabalho.

### 3.1.2 Agregados

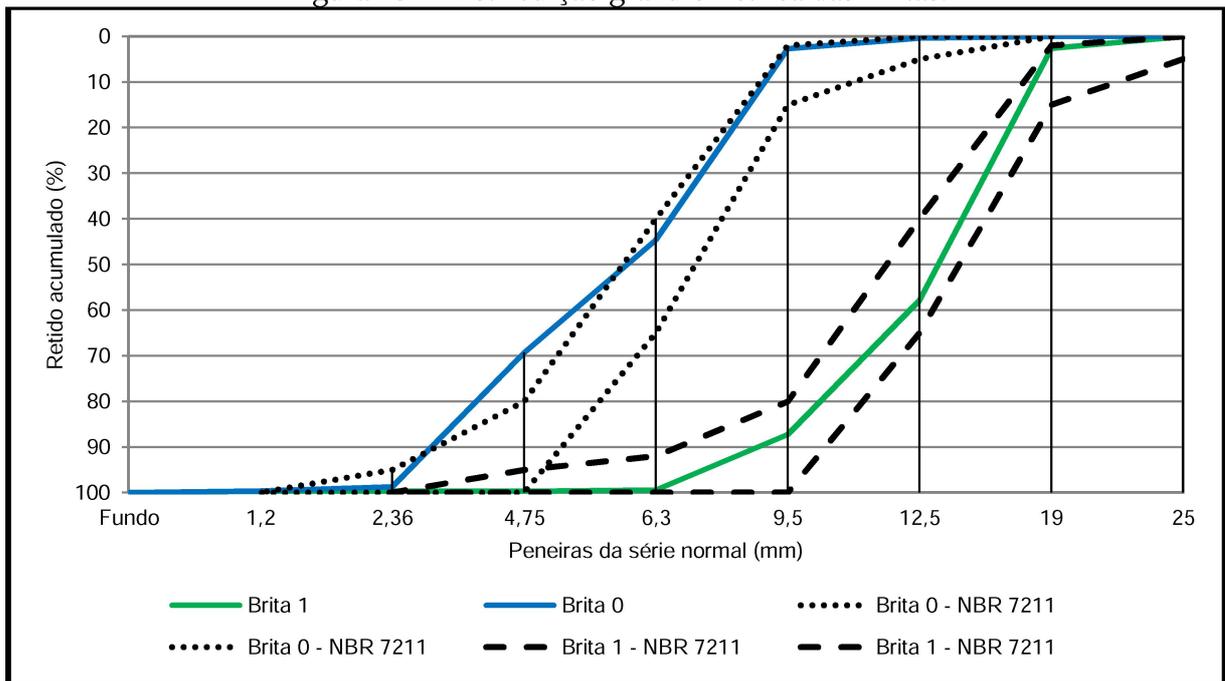
Foram utilizados agregados com litologia correspondente aos de maior demanda na região de Curitiba-PR, ou seja, provenientes de granito (Brita 1), calcário (Brita 0 e areia industrial) e quartzo (areia natural). Na Figura 16 está demonstrada visualmente a distribuição granulométrica das areias utilizadas no trabalho. É possível verificar que todas as três areias se enquadram dentro da zona utilizável da NBR 7211 (2009), fazendo prevalecer as condições normativas para uma mescla adequada dos agregados miúdos.

Figura 16 – Distribuição granulométrica das areias.



A Figura 17 representa a distribuição granulométrica dos agregados graúdos, assim como a zona recomendada pela NBR 7211 (2009). Nota-se que a brita 1 enquadra-se na zona recomendada pela norma, porém a brita 0 fica fora na peneira de 4,75 mm. Este fator, porém, não comprometeu a qualidade do concreto, pois foi feita uma mescla dos agregados graúdos, trazendo, portanto, a distribuição aos limites aceitáveis.

Figura 17 – Distribuição granulométrica das Britas.



### 3.1.3 Aditivo plastificante

O aditivo utilizado neste trabalho foi um aditivo plastificante da empresa BASF. A nomenclatura do produto é BF 38 com base lignosulfonato que objetiva redução de água em torno de 15 a 20 litros por m<sup>3</sup> mantendo-se o mesmo abatimento do tronco cônico.

### 3.1.4 Dosagem do Concreto

Os concretos utilizados foram dosados para um abatimento do tronco de cone de 100 ±20 mm, para facilitar a aplicação nas formas. Este abatimento foi escolhido de modo a minimizar efeitos provenientes de operações de adensamento.

Optou-se pelo uso de um concreto com mescla de duas britas de dimensões características diferentes e também pela mescla de três areias, dessas quais duas industriais de britagem. A Tabela 20 ilustra a dosagem de cada um dos traços de concreto.

Nota-se na Tabela 20 que foram utilizados dois tipos de agregado graúdo (brita 0 e 1) e também três tipos de agregado miúdo (duas areias industriais e uma areia natural). A escolha destes agregados na dosagem se deu em virtude de serem os materiais disponíveis na empresa de serviços de concretagem, atrelado ao custo destes.

Tabela 20 - Traços de concreto utilizados.

Parâmetros	fck			
	20	30	40	45
a/c	0,753	0,583	0,459	0,422
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	238	310	399	436
Água (l/m <sup>3</sup> )	179	181	183	184
Brita 0 (kg/m <sup>3</sup> )	207	212	216	202
Brita 1 (kg/m <sup>3</sup> )	774	793	811	816
Areia Industrial 1 (kg/m <sup>3</sup> )	302	271	235	221
Areia Industrial 2 (kg/m <sup>3</sup> )	324	290	252	237
Areia Natural (kg/m <sup>3</sup> )	328	294	255	240
Aditivo (0,9%) (kg/m <sup>3</sup> )	2,139	2,328	2,99	3,864
Teor de Argamassa (%)	54,8	53,5	52,4	52,0
Abatimento (mm)	120	115	120	120
Ar Incorporado (%)	1,6	1,5	1,5	1,0
Traço unitário	1 : 4,01 : 4,12	1 : 2,76 : 3:24	1 : 1,85 : 2,57	1 : 1,60 : 2,33

Segundo dados da empresa que forneceu o concreto para este trabalho, a areia industrial 1 tem um custo mais acessível que a areia industrial 2, porém sua coloração é branca, podendo alterar o aspecto visual final do concreto. Assim o traço de linha possui uma mescla das duas areias industriais. O traço utilizado também possui uma areia natural, pois possui um teor de material pulverulento mais elevado, reduzindo assim a exsudação.

Já no caso dos agregados graúdos, foi usada uma mescla de brita 0 com 1, de modo a gerar um maior fechamento granulométrico da mistura.

Em todas as dosagens de concreto, no ato do lançamento e moldagem dos blocos e corpos de prova, foram verificados os abatimentos de tronco de cone (slump-test), assim como do teor de ar incorporado, conforme Tabela 20.

Também foram realizados ensaios de massa específica aparente em todos os corpos de prova moldados, antes de suas respectivas rupturas, resultados estes presentes no APÊNDICE C. De maneira geral, quase a totalidade dos corpos de prova permaneceram dentro da faixa de 2,3 a 2,4 g/cm<sup>3</sup>.

### 3.2 PLANEJAMENTO DO EXPERIMENTO

O programa experimental foi elaborado de modo a quantificar a relação entre as resistências à compressão de corpos de prova moldados (M) e de testemunhos extraídos (E). Essa relação foi definida através do símbolo  $R(M/E)$ , obtida pelo quociente entre os resultados. O programa experimental é detalhado nos próximos itens.

### 3.2.1 Método de avaliação

Como o objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos que o processo de extração causa nos resultados de resistência à compressão de testemunhos de concreto, foi necessário estabelecer diretrizes de análise. Em virtude dos ensaios terem sido realizados na cidade de Curitiba-PR, foi escolhida a época entre os meses de dezembro, janeiro e fevereiro (verão) para a dosagem dos traços de concreto e ensaios subsequentes. Os dados referentes às temperaturas mínimas, máximas e umidade relativa do ar no período em que os ensaios foram realizados, encontram-se no ANEXO B. O procedimento de escolha da época para realização dos ensaios foi adotado, pois a cidade de Curitiba tem um histórico de temperaturas muito baixas durante o inverno (Tabela 21) e possibilidade de temperaturas baixas também na primavera e outono, o que poderia gerar distorções nos resultados.

Tabela 21 – Histórico mensal de temperaturas da cidade de Curitiba

Temperaturas de jan/2000 a dez/2013												
MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
MÉDIA TEMPERATURA °C	20,9	21,44	20,48	18,61	15,27	14,6	13,72	15	15,79	17,84	18,92	20,54
MÍNIMA GERAL °C	10,4	12,2	9,2	5,4	-0,7	-0,4	-2,5	0,2	0,4	4,8	7,1	9,4

(Fonte: INMET – [www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br))

Nota-se através da Tabela 21 que a escolha da época de realização dos ensaios foi importante, pois do mês de março em diante, as temperaturas começam a cair, podendo gerar distorções nos resultados em consequência de uma variação na velocidade de hidratação do cimento.

Também foi optado por fazer cura por molhagem em todos os blocos. Desta forma os testemunhos extraídos destes blocos foram comparados com corpos de prova moldados e curados em tanque de cura com temperatura controlada de acordo com a NBR 5738 (2015) e também com corpos de prova curados em caixas d'água posicionadas ao lado dos blocos, ou seja, com a mesma temperatura. Também foram moldados corpos de prova e alocados ao lado dos blocos sem qualquer tipo de procedimento de cura, de modo a comparar com os testemunhos extraídos. As extrações de cada evento de concretagem foram divididas conforme os diâmetros e direções de extração. Os fluxogramas explicativos dos ensaios realizados encontram-se na Figura 18 e na Figura 19.

Figura 18 – Fluxograma dos ensaios realizados com as amostras de concreto.

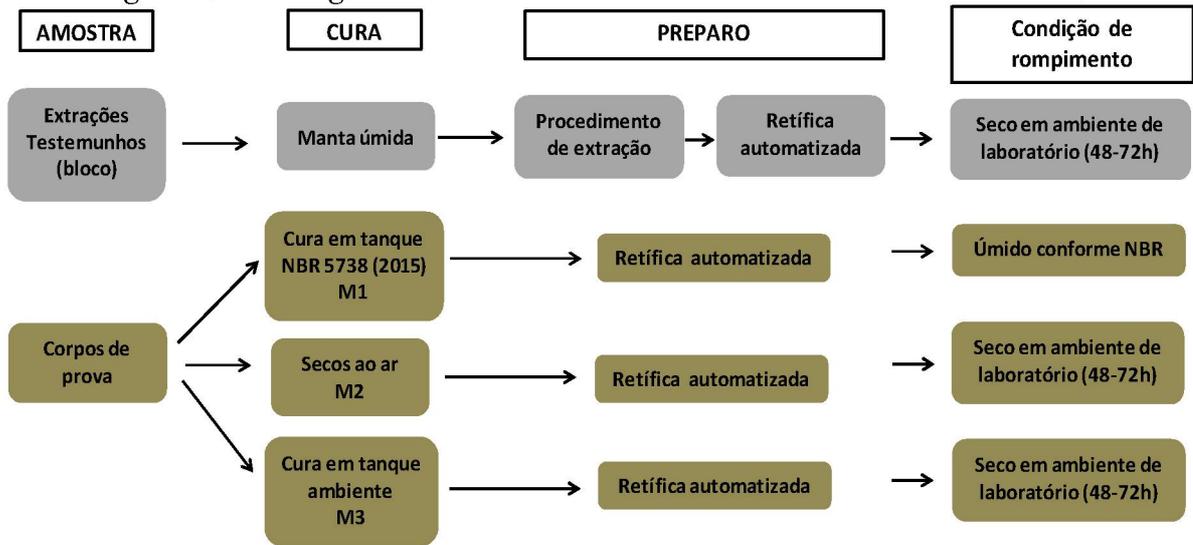
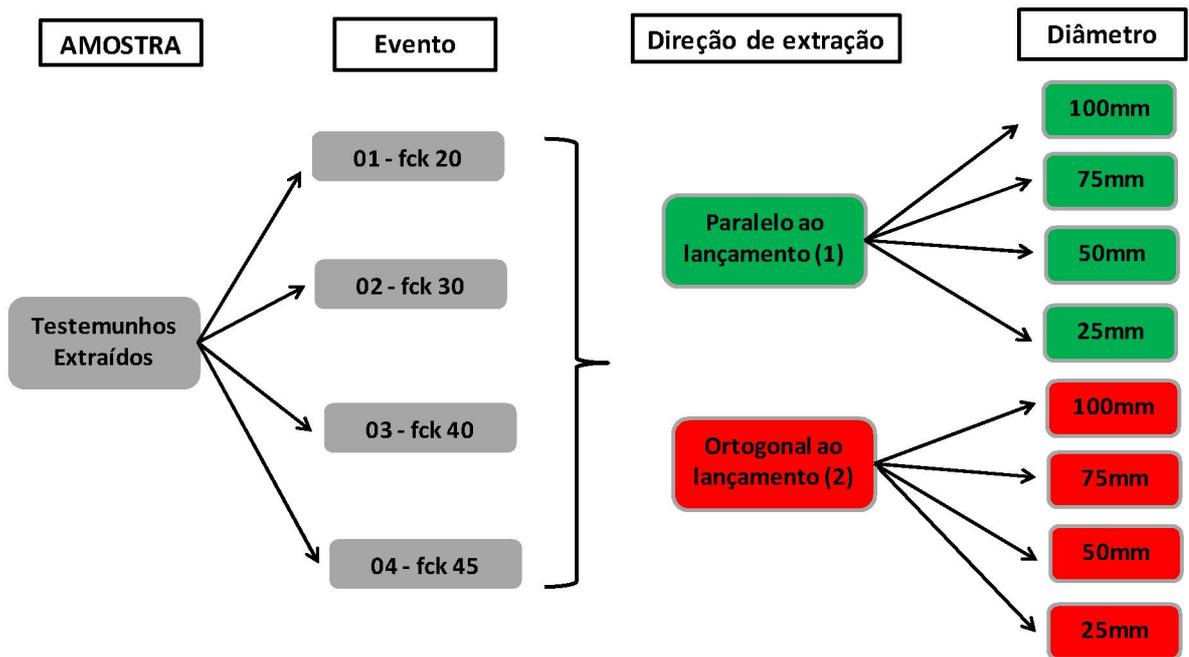


Figura 19 – Esquemática dos tipos de extração.



Com o elevado número de variáveis envolvidas no processo de determinação da relação entre as resistências à compressão de corpos de prova moldados e testemunhos extraídos, foram fixados alguns parâmetros para minimizar ruídos estatísticos. A seguir são descritas as variáveis adotadas e os parâmetros fixados.

a) Parâmetros fixados

- Esbeltez dos testemunhos:  $h/d = 2,0$ ;

- Idade de ruptura: 28 dias;
- Preparação das faces dos testemunhos: retificadas por equipamento mecânico dotado de disco rotativo diamantado;
- Preparação das faces dos corpos de prova: retificadas por equipamento mecânico dotado de disco rotativo diamantado;
- Processos de cura dos blocos: Umedecimento por molhagem manual (três vezes ao dia);
- Dimensão máxima característica dos agregados ( $D_{m\acute{a}x}$ ) nos traços de concreto.

b) Variáveis independentes

- Classes de resistência estabelecidas: 20 MPa; 30 MPa; 40 MPa e 45 MPa (4 níveis);
- Diâmetros dos testemunhos: 25 mm, 50 mm, 75 mm e 100 mm (4 níveis);
- Direção da extração dos testemunhos: Paralelo e ortogonal à direção de concretagem (2 níveis);
- Cura testemunhos: Manta úmida (bidim) nos blocos;
- Cura corpos de prova: Tanque NBR 5738 (2015) com temperatura controlada; Tanque externo sem temperatura controlada e cura ao ar;
- Condição antes da ruptura: Saturado segundo NBR 5738 (2015) para os corpos de prova de  $\varnothing 10 \times 20$  cm normatizados; Ambiente de laboratório por período de 48 a 72 horas para as demais amostras.

c) Variáveis dependentes

- Resistência à compressão ( $f_c$ );
- Índice esclerométrico ( $IE$ );
- Velocidade ultrassônica ( $v$ ).

d) Variáveis intervenientes

- Temperatura ( $^{\circ}C$ ) e umidade relativa do ar (UR%) do ambiente de concretagem dos blocos;

### 3.2.2 Método de análise estatística

As variáveis de resposta de um projeto de experimento são os aspectos que podem ser medidos e que permitem quantificar as características de qualidade desejadas (RIBEIRO e CATEN, 2003). A análise estatística foi realizada para avaliar o principal objetivo deste trabalho, ou seja, a relação  $R(M/E)$ . Através deste preceito, a análise foi ramificada para outras como: influência da direção da extração, comparativo com os corpos de prova moldados e também da influência das classes de resistência.

Inicialmente foi realizada uma eliminação de valores espúrios através do procedimento recomendado pela ASTM E178 (2008). Esta ação visou reduzir os ruídos estatísticos das amostras, pois o procedimento verifica se os resultados de resistência à compressão de uma dada população seguem uma distribuição Gaussiana. Desta forma, valores extremos que não estejam contidos dentro da distribuição normal são eliminados com uma confiança pré-estabelecida.

Em seguida, o tratamento estatístico foi realizado através de uma análise de variância ANOVA (One-way Analysis of Variance), de modo a identificar se a diferença das amostras em estudo ocorre devido ao efeito das causas acidentais (erros) ou de causas sistemáticas (alterações dos parâmetros de processo). Esta diferenciação se deu através do aceite ou não das hipóteses experimentais, ou seja, caso se aceite a hipótese experimental, as diferenças encontradas foram geradas através da alteração dos parâmetros. No caso da rejeição da hipótese experimental, conclui-se que as diferenças encontradas não são significativamente diferentes.

### 3.2.3 Quantidade de corpos de prova e testemunhos

Para obter uma boa inferência estatística, foi necessária uma amostragem significativa de modo a avaliar os parâmetros estudados, assim também foram definidos os quantitativos de materiais a serem utilizados.

Como o estudo foi referente a um comparativo de testemunhos extraídos e corpos de prova moldados, variando-se diâmetros de extração, direção da extração e classes de resistência, foram estipulados os quantitativos para comparação, conforme a Tabela 22 e a Tabela 23.

Tabela 22 – Resumo do quantitativo de corpos de prova.

Corpos de prova (Moldados)					
fck	Diâmetro (mm)	Tipo de cura	28 dias	Total por fck	Total
20	100	Tanque de cura*	10	30	120
		Seco ao ar	10		
Tanque de cura ambiente		10			
30		Tanque de cura*	10	30	
		Seco ao ar	10		
Tanque de cura ambiente		10			
40		Tanque de cura*	10	30	
		Seco ao ar	10		
Tanque de cura ambiente		10			
45		Tanque de cura*	10	30	
		Seco ao ar	10		
		Tanque de cura ambiente	10		

\*Tanque de cura segundo a NBR 5738 (2015)

Tabela 23 – Resumo do quantitativo de testemunhos.

Testemunhos (Extraídos)					
fck	Diâmetro (mm)	Direção da extração		Total por fck (aproximado)	Total geral
		Paralelo	Ortogonal		
20	25	10	5	60	240
	50	10	5		
	75	10	5		
	100	10	5		
30	25	10	5	60	
	50	10	5		
	75	10	5		
	100	10	5		
40	25	10	5	60	
	50	10	5		
	75	10	5		
	100	10	5		
45	25	10	5	60	
	50	10	5		
	75	10	5		
	100	10	5		

Nota-se através dos quantitativos expostos anteriormente que foi escolhido por fazer dez extrações por diâmetro paralelamente à direção de lançamento e cinco por diâmetro na direção ortogonal de lançamento de concreto. Esta escolha foi realizada por duas razões principais, sendo estas:

- 1) Extrações ortogonais levam mais tempo para serem realizadas pois exigem mais esforço da equipe e mais trabalho quanto ao posicionamento do equipamento. Isto

acontece devido ao efeito da gravidade ser atuante sobre o equipamento, que deve ser disposto a 90° em relação ao plano de extração;

- 2) Como todas as extrações deveriam ser realizadas no decorrer de um dia, fixou-se uma quantidade máxima de 60 extrações, sendo sua maioria na direção paralela pela maior rapidez de execução.

### 3.2.4 Lotes de concreto

Por se tratar de um grande volume de concreto, a dosagem dos concretos foi realizada através de CDC (central dosadora de concreto), onde os materiais são dosados dentro de um caminhão betoneira, sendo possível misturar um maior volume. A aferição das balanças da central dosadora de concreto encontram-se no ANEXO A, garantindo assim a confiabilidade dos quantitativos de materiais do traço de concreto. De acordo com o planejamento de quatro classes de resistência diferentes, foram confeccionados quatro lotes de concreto, sendo um para cada classe. Todos os lotes dosados foram moldados em blocos na própria central (Figura 20), onde foi separado um espaço físico de modo a alocar os blocos em superfície nivelada.

Figura 20 – Local destinado à moldagem dos blocos de concreto.



### 3.2.5 Projeto das formas

Ao total foram confeccionadas oito formas, sendo divididas em dois subtipos, uma idealizada para as extrações paralelas ao lançamento e outra para extrações ortogonais ao lançamento do concreto. A representação das formas e as posições de extração em cada tipo

encontram-se na Figura 21 e na Figura 22, sendo a primeira relativa a extrações paralelas ao lançamento e a segunda na direção ortogonal.

Figura 21 – Forma para extrações paralelas (esq.) e representação com furações (dir.)

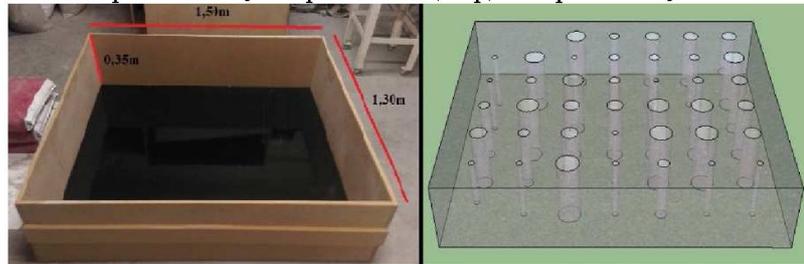
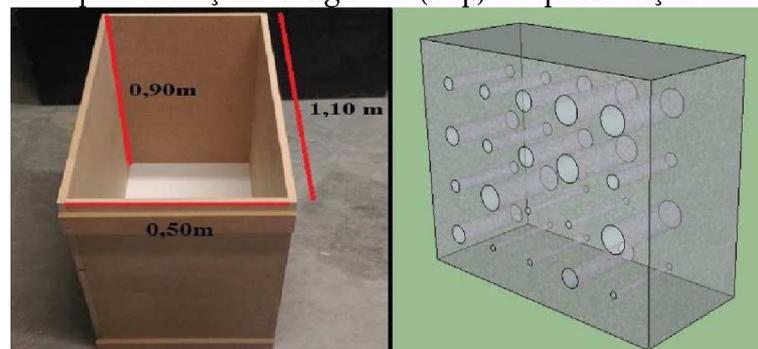


Figura 22 – Forma para extrações ortogonais (esq.) e representação com furações (dir.)



No projeto para fabricação das formas, foi garantida a distância mínima da borda do bloco à extremidade do testemunho de  $1 \phi$ , da extração em questão, de acordo com recomendação da NBR 7680-1 (2015). As plantas de cada uma das formas, com suas respectivas furações, podem ser visualizadas através da Figura 23 e da Figura 24.

Figura 23 – Exemplo de planta do bloco utilizado para extrações na mesma direção de lançamento do concreto (unidades em cm).

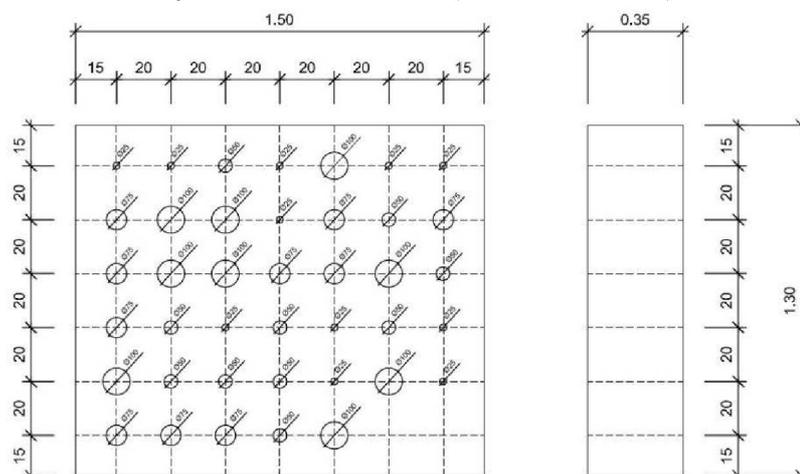
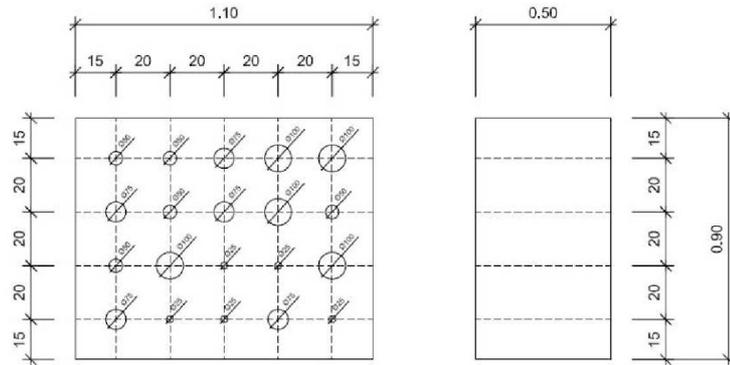


Figura 24 – Exemplo de planta do bloco utilizado para extrações na direção ortogonal ao lançamento do concreto (unidades em cm).



Nota-se através das figuras mostradas anteriormente que existe uma aleatoriedade nas extrações dos testemunhos, variando-se os diâmetros de extração nas regiões do bloco moldado. Esta ação foi tomada de modo a reduzir ruídos estatísticos ou gerar uma possível indução de resultados, pois caso se realizasse as extrações em ordem de diâmetro, uma região do bloco que eventualmente estivesse com o adensamento diferente de outras regiões, poderia distorcer os resultados e consequentemente a análise.

A ordem das extrações variou de bloco para bloco, conforme matrizes de ensaio ilustradas na Tabela 24 e na Tabela 25. As plantas e as representações geométricas de cada bloco estão presentes no APÊNDICE F.

A escolha da posição de extração de cada diâmetro de forma aleatória foi calculada através do programa Microsoft Excel com uma fórmula de geração de números aleatórios sem repetição. Os números gerados eram atrelados a um determinado diâmetro (dez extrações para cada diâmetro paralelo ao lançamento e cinco extrações para cada diâmetro na direção ortogonal ao lançamento) e na sequência dispostos na matriz de ensaio. Ressalta-se que, em todos os oito blocos (quatro para cada direção de extração) foram calculadas novas sequências de extrações, desta forma cada um dos oito blocos possuiu uma sequência diferente.

Tabela 24 – Matriz de ensaio de um bloco com extrações na mesma direção de lançamento do concreto.

	1	2	3	4	5	6	7
A	D.25	D.25	D.50	D.25	D.100	D.25	D.25
B	D.75	D.100	D.100	D.25	D.75	D.50	D.75
C	D.75	D.100	D.100	D.75	D.75	D.100	D.50
D	D.75	D.50	D.25	D.50	D.100	D.50	D.25
E	D.100	D.50	D.50	D.50	D.25	D.100	D.25
F	D.75	D.75	D.75	D.50	D.100		

Tabela 25 – Matriz de ensaio de um bloco com extrações na direção ortogonal de lançamento do concreto.

	1	2	3	4	5
A	D.50	D.50	D.75	D.100	D.100
B	D.75	D.50	D.75	D.100	D.50
C	D.50	D.100	D.25	D.25	D.100
D	D.75	D.25	D.25	D.75	D.25

### 3.2.6 Moldagem dos blocos e corpos de prova

Os lotes de concreto foram dosados em datas diferentes, para assegurar que as operações de extração fossem contempladas dentro do prazo. Esta prática foi adotada porque as operações de extração são morosas, e com um total de sessenta extrações por classe de resistência, torna-se inviável a realização de um número superior a este num dia de trabalho.

Antes das moldagens dos blocos, as formas eram inspecionadas de modo a verificar sua estanqueidade. Os oito blocos moldados foram submetidos à cura úmida por molhagem até a data da extração dos testemunhos.

Antes do lançamento do concreto foi realizado ensaio de abatimento do tronco de cone segundo a NBR NM 67 (1998) (Figura 25) para verificar a consistência do concreto empregado e também o ensaio de ar incorporado segundo a NBR NM 47 (2002) (Figura 26).

Figura 25- Ensaio de abatimento do tronco de cone (slump test).



Figura 26- Ensaio de ar incorporado.



O concreto foi carregado por central dosadora de concreto (CDC) e a mistura feita em caminhão betoneira. Na Figura 27, é possível observar o lançamento de concreto para os dois tipos de blocos confeccionados. Em todas as concretagens, foram utilizados vibradores de imersão para o melhor adensamento do concreto.

Figura 27 – Lançamento do concreto em um dos eventos de concretagem.



A cura dos blocos foi realizada com manta retentora de água, conforme Figura 28. Após 48 horas do evento de concretagem os blocos foram desmoldados e cobertos com a manta, mantendo-os sempre úmidos com molhagem manual 3 vezes ao dia.

Figura 28 – Cura dos blocos com manta bidim.



A moldagem dos corpos de prova foi feita em uma bancada com a superfície plana e regular (Figura 29) sendo que posteriormente os corpos de prova foram cobertos com filme plástico. A desforma dos corpos de prova foi realizada 48 horas após a concretagem, direcionando-se cada corpo de prova para sua respectiva cura (tanque normatizado, tanque ambiente e ao ar).

Figura 29 – Moldagem dos corpos de prova.

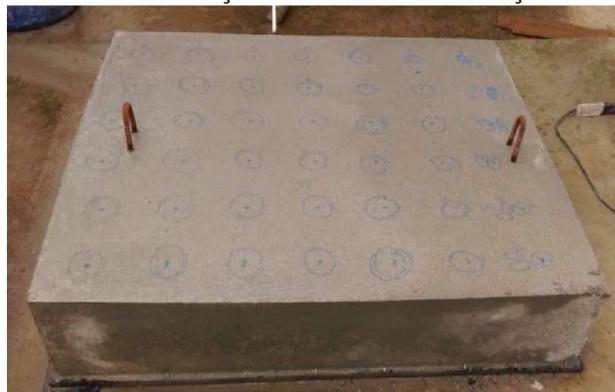


### 3.2.7 Extrações de testemunhos

Foi adotado um período de 25 dias após a concretagem para a extração de testemunhos. Este procedimento foi tomado para que a preparação dos testemunhos pudesse ser realizada de modo a deixar os testemunhos em condição de laboratório por um período de 48 a 72 horas antes do ensaio de resistência à compressão aos 28 dias de idade.

Conforme já mencionado, as operações de extração foram realizadas sempre no decorrer de um dia de trabalho, somando 60 extrações para cada lote. Antes do início dos trabalhos, os locais de extração nos blocos eram devidamente marcados com lápis de cera, conforme Figura 30. Assim era possível seguir o planejamento teórico dos locais exatos de extração em cada bloco.

Figura 30 – Demarcação dos locais de extração no bloco.



Para a fixação da extratora, foram utilizados parabolts que mantêm o aparelho fixo reduzindo trepidações. Na Figura 31 é possível observar operações de extração nos dois tipos de blocos utilizados neste estudo.

Figura 31 – Extrações de testemunhos na direção do lançamento (esq.) e ortogonal ao lançamento (dir.).



Foram tomadas precauções como o resfriamento da broca de extração com água, para que as extrações ocorressem de forma eficiente com menor chance de ocorrência de danos às amostras. Na Figura 32 é possível observar uma extração sendo realizada com o detalhe de dois blocos já extraídos ao fundo e outro bloco ainda em cura na parte inferior.

Figura 32 – Detalhe de uma extração sendo realizada.



Após o processo de extração do concreto, os testemunhos eram devidamente identificados e alocados em conjunto com os corpos de prova em uma camionete (Figura 33) para transporte até o laboratório onde eram ensaiados.

Figura 33 – Acondicionamento dos corpos de prova e testemunhos para traslado até o laboratório de ensaios.



### 3.2.8 Preparação das amostras

Após o transporte dos corpos de prova e testemunhos para o laboratório, estes eram separados conforme sua especificação e diâmetro. Após este processo todos os testemunhos eram medidos (comprimento e diâmetro), em seguida marcavam-se as áreas para corte, áreas estas escolhidas das regiões mais íntegras dos testemunhos, ou seja, com menores imperfeições ou vazios. Testemunhos de menor diâmetro (50 mm e 25 mm) eram passíveis de múltiplos cortes para a geração de maior quantidade de amostras, o que ocorreu em alguns casos.

Após a demarcação das áreas, os testemunhos eram cortados nas respectivas dimensões, de modo que a relação  $h/d$  fosse igual a 2,0. Em seguida, todas as amostras, tanto testemunhos quanto corpos de prova, foram submetidos à regularização de superfície através de retífica automatizada, conforme Figura 34.

Figura 34 – Retífica automatizada utilizada para regularização de superfície das amostras.



Após a regularização da superfície os corpos de prova cuja cura foi normatizada eram redirecionados para o tanque de cura, ao passo que os testemunhos e demais corpos de prova eram dispostos em ambiente de laboratório, até a data de rompimento, de 48 a 72 horas depois.

### 3.2.9 Ensaio de resistência à compressão

Após o período de sazonalamento as amostras eram encaminhadas para o local de ruptura. Na Figura 35 é possível observar a disposição dos testemunhos em seus diferentes diâmetros de extração e também os corpos de prova com seus respectivos tipos de cura, antes do ensaio de resistência à compressão.

Figura 35 – Corpos de prova e testemunhos antes do ensaio de resistência à compressão.



A prensa utilizada para o rompimento dos testemunhos e corpos de prova era da marca EMIC, modelo MUE100, sendo que o certificado de calibração desta encontra-se no ANEXO A. A velocidade de aplicação da carga de  $0,45 \pm 0,15$  MPa/s (NBR 5739 (2007)), foi ajustada para cada diâmetro, de modo que a tensão correspondente fosse pariforme entre todas as amostras. Na Figura 36 é possível observar o rompimento de um testemunho de 25 mm.

Figura 36 – Rompimento de um testemunho de 25mm.



### 3.3 ENSAIOS COMPLEMENTARES

Ensaio complementares visaram amparar o estudo com resultados adicionais, de modo a melhor quantificar a qualidade do concreto. Os ensaios propostos encontram-se nos próximos itens deste trabalho.

### 3.3.1 Esclerometria

A esclerometria foi realizada em cada um dos oito blocos moldados, aos 28 dias de idade, para efeito de comparação com os resultados de compressão axial dos corpos de prova. Para aumentar a eficiência do método, buscando que os resultados fossem o mais fidedignos quanto possível, foram seguidas todas as recomendações prescritas pela NBR 7584 (2013). Também balizado pela NBR 7584 (2013), foram estabelecidos os índices esclerométricos efetivos de cada ensaio e a partir do ábaco do aparelho em conjunto com a equação fornecida pelo fabricante, foi estimada a resistência à compressão.

Para cada bloco de concreto, foram realizados quatro ensaios esclerométricos (Figura 37), sendo dois em cada direção, ou seja, paralelo à concretagem e ortogonal à concretagem. Como a superfície superior do concreto apresentava grande quantidade de britas aparentes, o resultado na direção paralela à concretagem foi distorcido, como será explicado no tópico de dificuldades encontradas.

Figura 37 – Ensaio de esclerometria em um dos blocos.



### 3.3.2 Ultrassom

Ainda buscando-se aumentar as respostas no tocante a resultados quantitativos e qualitativos, foram executados ensaios de ultrassom nos blocos de concreto aos 28 dias de idade. Como nesta idade os blocos de concreto estavam com as furações provenientes da retirada dos testemunhos, foram adotados os métodos de ensaio indireto e semi-direto. Em ambos os tipos de métodos de ensaio, foram realizados os procedimentos descritos pela NBR 8802 (2013).

O método de ensaio direto não foi possível, pois, com as furações executadas, os vazios onde estavam anteriormente os testemunhos foram ocupados por ar. Tendo o ar uma

velocidade menor de propagação de ondas ultrassônicas do que um meio maciço, o resultado final seria distorcido. Através de ensaios indiretos (sobre a mesma superfície - Figura 38) e semi-diretos (nas extremidades dos blocos - Figura 39), foi possível obter resultados sem a interferência dos vazios deixados pela extração dos testemunhos.

Figura 38 – Ensaio de ultrassom (método indireto).



Figura 39 – Ensaio de ultrassom (método semi-direto).



#### 3.4 DIFICULDADES ENCONTRADAS NO PROGRAMA EXPERIMENTAL

Durante a execução dos ensaios experimentais foram encontradas algumas dificuldades, tanto no ato da extração como na preparação das faces dos testemunhos, dificuldades estas relatadas a seguir.

### 3.4.1 Extrações dos testemunhos

Quando se realiza a extração, seja paralela à concretagem ou ortogonal a esta, a regularidade da superfície tem influência direta na qualidade da extração. Caso a superfície de apoio da extratora seja irregular e não seja realizado um nivelamento adequado, o testemunho extraído poderá conter ondulações provenientes de movimentações no equipamento, comprometendo assim a qualidade da amostra. Como o equipamento utilizado possuía parafusos de nivelamento, antes de cada processo a extratora foi adequadamente nivelada ajustando-se também com o parafuso (parabolt) de fixação. Por se tratar de um processo moroso as extrações levaram mais tempo para ser realizada, porém foi assegurado que a qualidade destas não fosse afetada pela irregularidade de superfície.

A fixação do equipamento nos blocos para extrações paralelas à concretagem não teve empecilhos, porém para extrações ortogonais esta situação não se manteve. Como além da tensão exercida no equipamento pela força da broca, a ação da gravidade também era atuante, o parabolt de fixação às vezes afrouxava. Isto ocorreu principalmente no bloco com fck mais baixo (fck 20), onde a própria resistência do concreto, por gerar uma rigidez menor, pode ter deformado cedendo espaço para movimentação do parabolt. Nos blocos com resistências maiores esta dificuldade não voltou a ocorrer.

Nos processos de extração uma ocorrência foi praticamente unânime no que tange testemunhos de diâmetro 25 mm. Nestas extrações, mesmo com o concreto utilizado possuindo uma dimensão máxima característica dos agregados graúdos de 19 mm, ocorreram muitas rupturas internas nos próprios testemunhos. A maior dificuldade ocorria quando o testemunho perdia uma fração de sua altura e não era possível retirar o restante de dentro do bloco, necessitando-se assim nova extração para retirar uma amostra íntegra. Esta ocorrência teve maior incidência nos blocos para extração paralela à concretagem, onde a própria gravidade dificultava o processo de retirada do testemunho após o corte.

A regularização da superfície dos corpos de prova e dos testemunhos, conforme já mencionado, foi realizada através de retífica automatizada. Os testemunhos eram fixos através do pistão hidráulico do equipamento que assegurava que o referido testemunho ou corpo de prova não se movimentasse. Dificuldade foi encontrada no ato de retificar os testemunhos de 25 mm, onde o pistão por si só não fixava corretamente o testemunho, sendo necessária uma adaptação para que a amostra fosse cortada e retificada na altura correta.

### 3.4.2 Ensaio complementares

No que tange os ensaios complementares, dificuldade foi encontrada na esclerometria na parte superior de todos os blocos (direção paralela ao lançamento), onde os resultados encontrados eram muito discrepantes, ora muito altos, ora muito baixos. Isto aconteceu, pois não foi realizada regularização nestas superfícies, ocorrendo muitos agregados graúdos superficiais, distorcendo as leituras, portanto todos os ensaios esclerométricos realizados nesta direção foram eliminados.

No ensaio de esclerometria na parte lateral dos blocos (direção ortogonal ao lançamento) a superfície em questão estava adequada para o ensaio, pois estava em contato com a forma de moldagem, ou seja, regular. Com uma superfície regular, o ensaio esclerométrico teve comportamento adequado para os índices esclerométricos esperados, não sendo necessário neste caso a eliminação dos resultados.

Conforme já citado, os ensaios de ultrassom realizados se deram pelos métodos semi-direto e indireto, portanto eventuais dificuldades que viessem a surgir foram antecipadas antes mesmo da realização dos ensaios.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo do trabalho, são apresentadas as análises dos resultados, contemplando os ensaios de resistência à compressão em corpos de prova e testemunhos. São apresentados neste capítulo os comparativos de  $R_{(M/E)}$ , os comparativos referentes à direção de extração e também a sintetização da análise estatística. Também é apresentada uma análise múltipla de médias dos resultados e suas interpretações, quanto a efeitos do diâmetro, direção de extração e classes de resistência. Os ensaios complementares e sua relação com os resultados de resistência à compressão dos corpos de prova também são contemplados neste capítulo.

### 4.1 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Os resultados de resistência à compressão da média dos lotes foram sintetizados na Tabela 26. Também estão descritos nesta Tabela fatores estatísticos importantes como Desvio Padrão, Variância e o Coeficiente de variação de cada um dos lotes.

Na sequência, os gráficos apresentados da Figura 40 até a Figura 43 representam os valores médios de cada lote, sendo seguidos pelos gráficos da Figura 44 até Figura 47 que representam os coeficientes de variação.

Tabela 26 - Quadro resumo das resistências médias, e parâmetros estatísticos dos corpos de prova moldados e testemunhos extraídos.

PARÂMETROS ESTATÍSTICOS ANALISADOS												
Evento fck	Parâmetros	Corpos de Prova (M) (10x20 cm)			Testemunhos Extraídos (E)							
		Cura normativa (M1)	Cura ao ar (M2)	Cura em tanque ambiente (M3)	Paralelo ao lançamento (1)				Ortogonal ao lançamento (2)			
					10 x 20 cm	7,5 x 15 cm	5 x 10 cm	2,5 x 5 cm	10 x 20 cm	7,5 x 15 cm	5 x 10 cm	2,5 x 5 cm
1 fck 20	Amostras	10	10	10	10	10	10	11	5	5	6	7
	Média (MPa)	22,3	20,9	22,0	20,4	20,5	20,9	30,3	18,0	16,4	18,9	25,4
	Desvio padrão	1,20	1,30	1,80	0,88	1,71	2,09	4,03	2,67	3,30	4,36	2,15
	Coef. De Variação	5,39%	6,21%	8,20%	4,31%	8,32%	10,00%	13,29%	14,79%	3,35%	23,09%	8,48%
2 fck 30	Amostras	10	9	10	10	10	19	11	4	5	8	9
	Média (MPa)	30,9	30,6	30,9	28,0	29,0	34,2	36,6	27,1	30,2	32,0	35,5
	Desvio padrão	1,99	1,03	1,91	2,96	3,32	4,04	4,58	1,32	2,36	2,39	4,40
	Coef. De Variação	6,44%	3,35%	6,20%	10,56%	11,47%	11,81%	12,53%	4,87%	7,84%	7,46%	12,39%
3 fck 40	Amostras	8	8	8	10	10	6	11	5	5	4	7
	Média (MPa)	41,8	40,2	40,9	40,1	41,2	40,2	50,6	36,5	36,4	41,6	50,9
	Desvio padrão	2,56	4,30	2,95	7,63	6,57	1,30	3,09	6,11	5,88	5,14	1,53
	Coef. De Variação	6,11%	10,71%	7,22%	19,03%	15,95%	3,24%	6,12%	16,74%	16,15%	12,36%	3,01%
4 fck 45	Amostras	10	9	10	7	6	11	9	4	5	6	8
	Média (MPa)	44,4	41,9	47,0	43,9	42,9	62,5	63,0	48,3	34,9	59,1	61,1
	Desvio padrão	2,66	1,78	2,39	2,61	3,19	2,52	4,37	3,35	2,29	6,69	5,98
	Coef. De Variação	5,99%	4,26%	5,10%	5,95%	7,43%	4,03%	6,94%	6,95%	6,56%	11,31%	9,78%

Figura 40 – Resistências médias à compressão – Lote 01 fck 20.

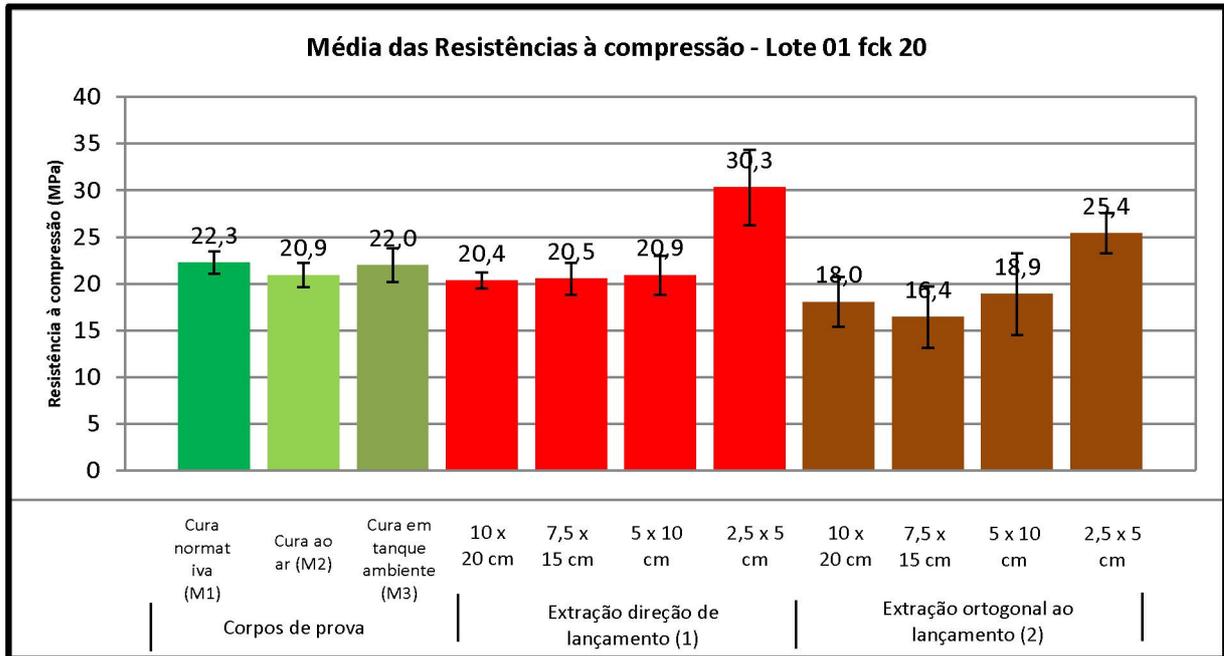


Figura 41 – Resistências médias à compressão – Lote 02 fck 30.

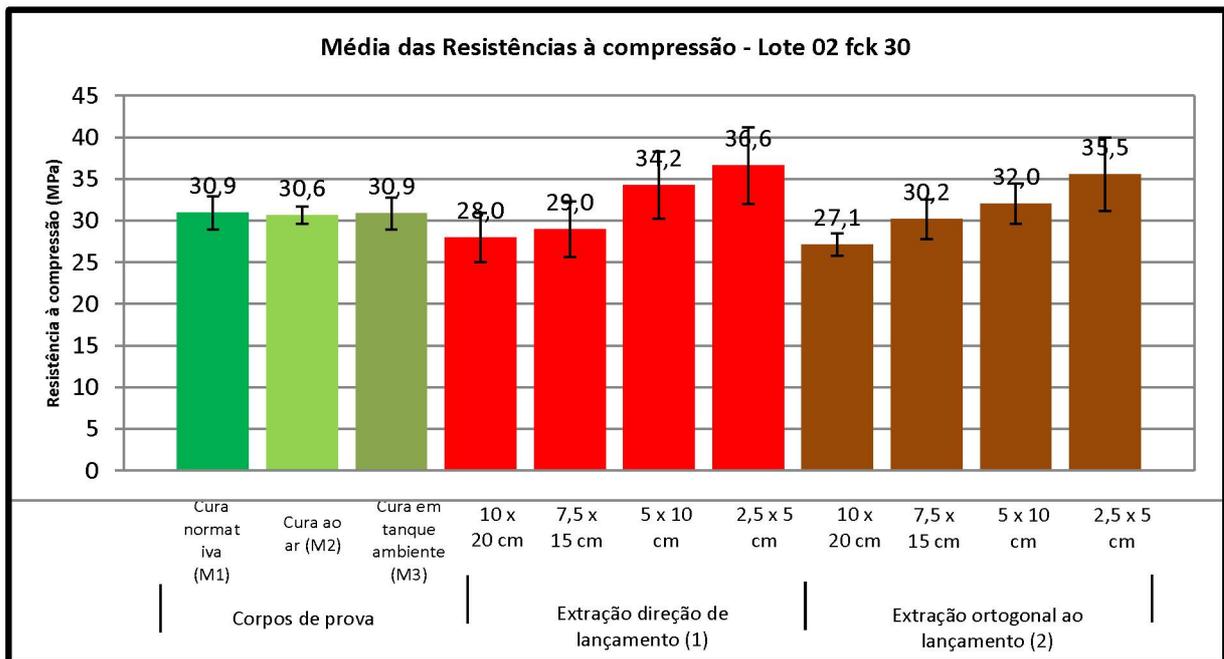


Figura 42 – Resistências médias à compressão – Lote 03 fck 40.

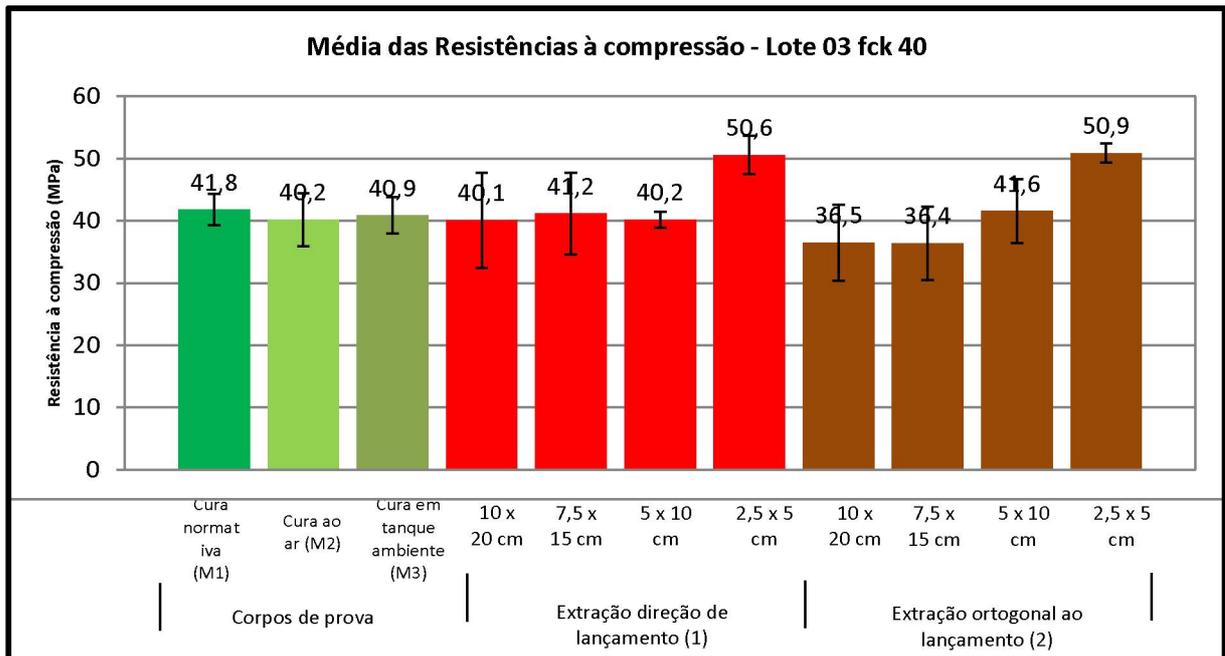


Figura 43 – Resistências médias à compressão – Lote 04 fck 45.

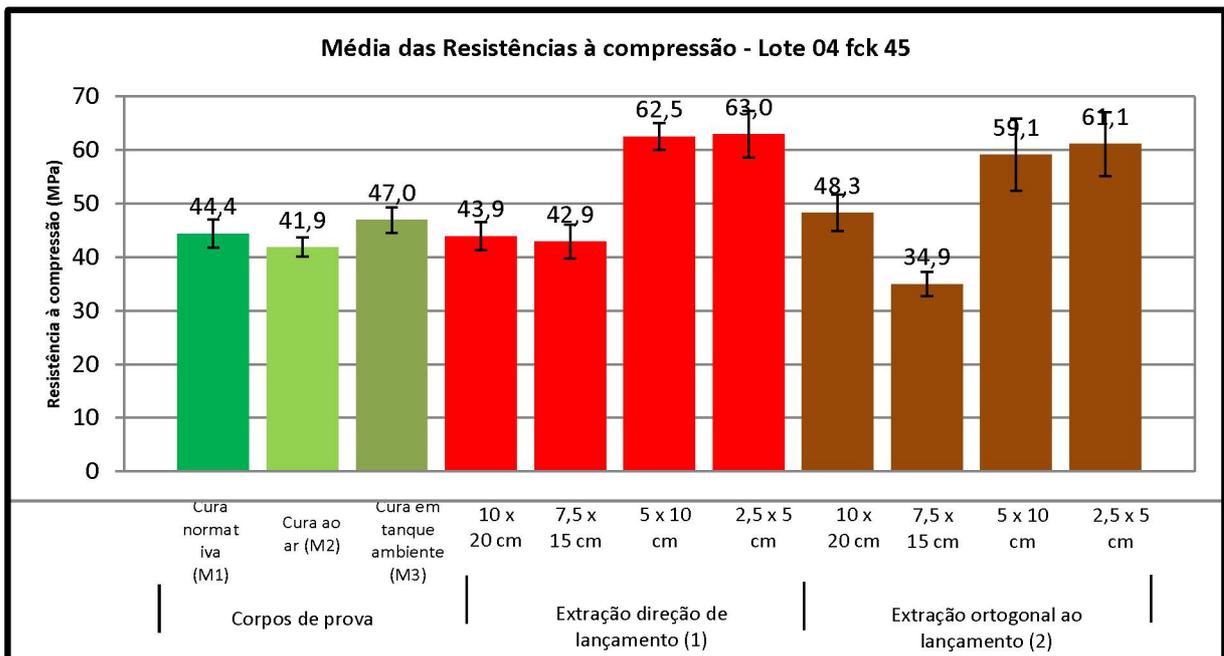


Figura 44 – Coeficientes de variação – Lote 01 fck 20.

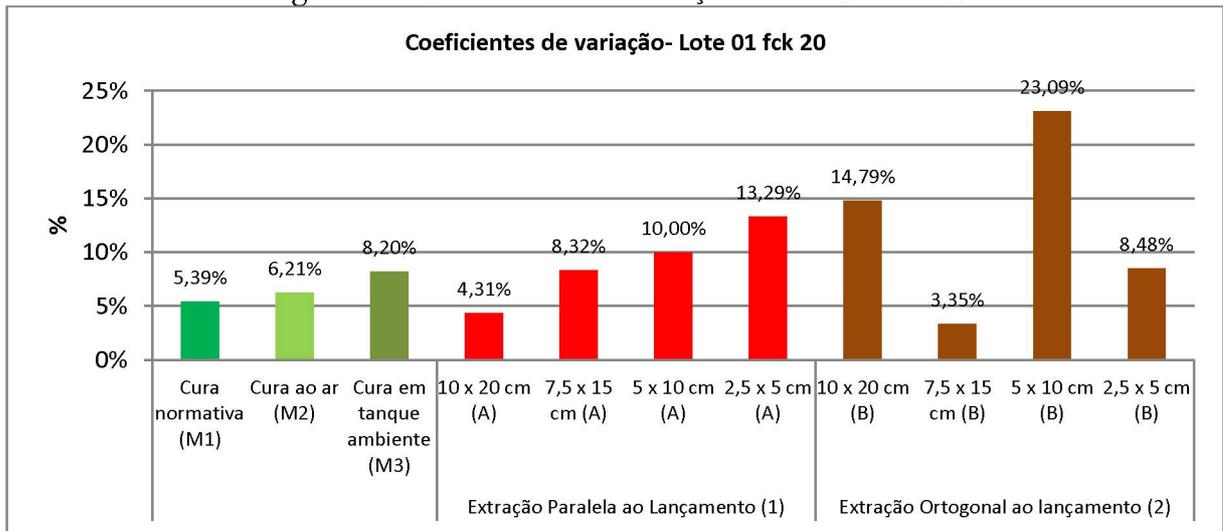


Figura 45 – Coeficientes de variação – Lote 02 fck 30.

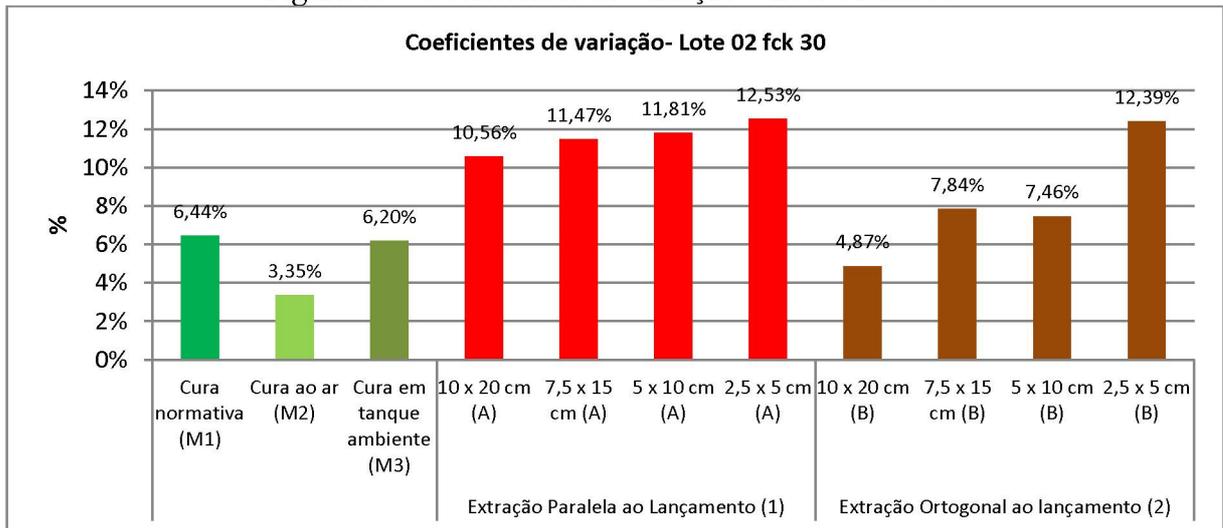


Figura 46 – Coeficientes de variação – Lote 03 fck 40.

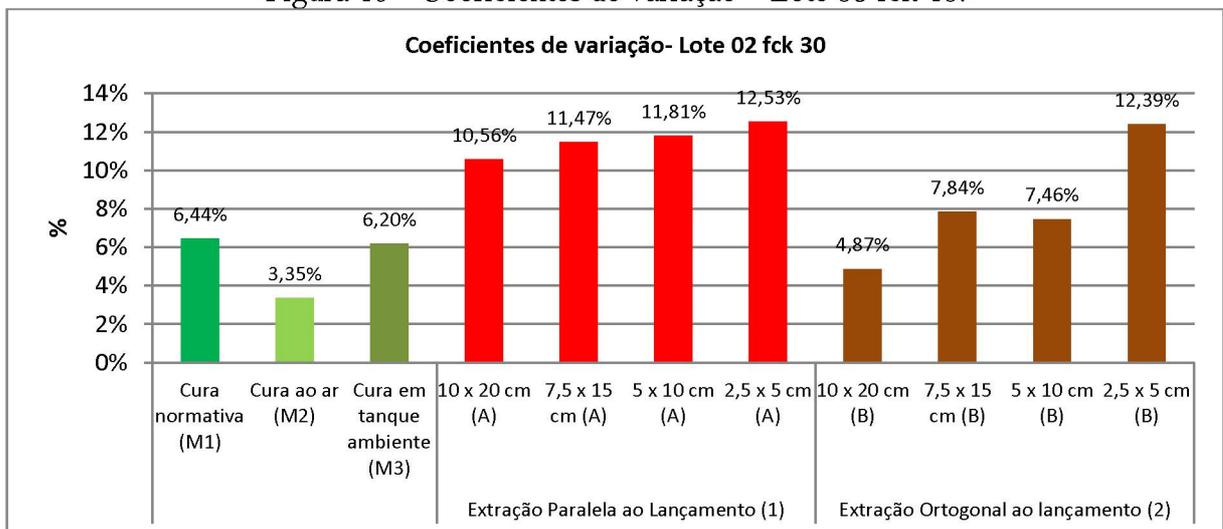
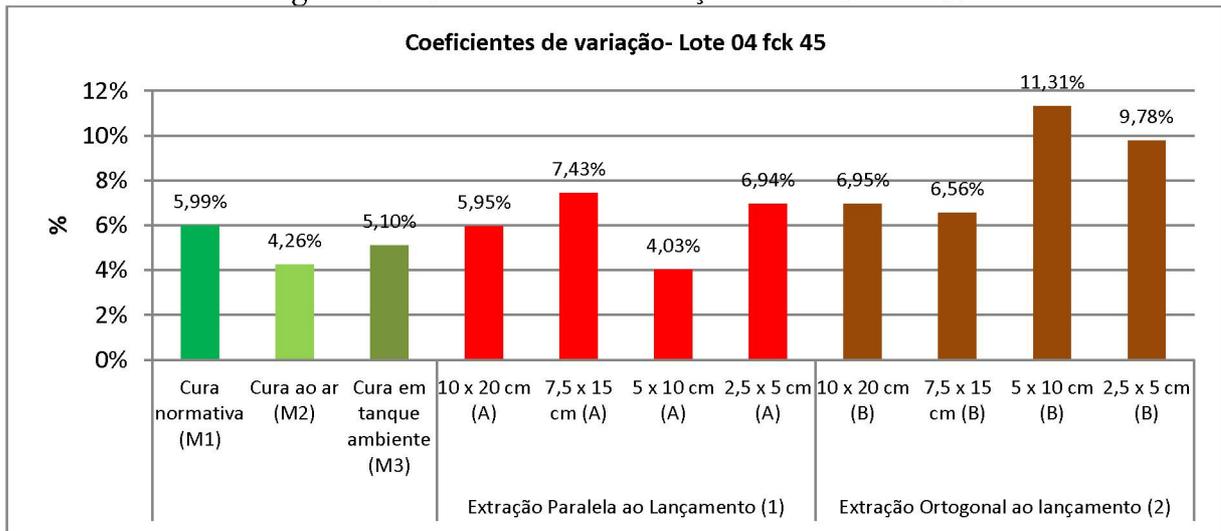


Figura 47 – Coeficientes de variação – Lote 04 fck 45.

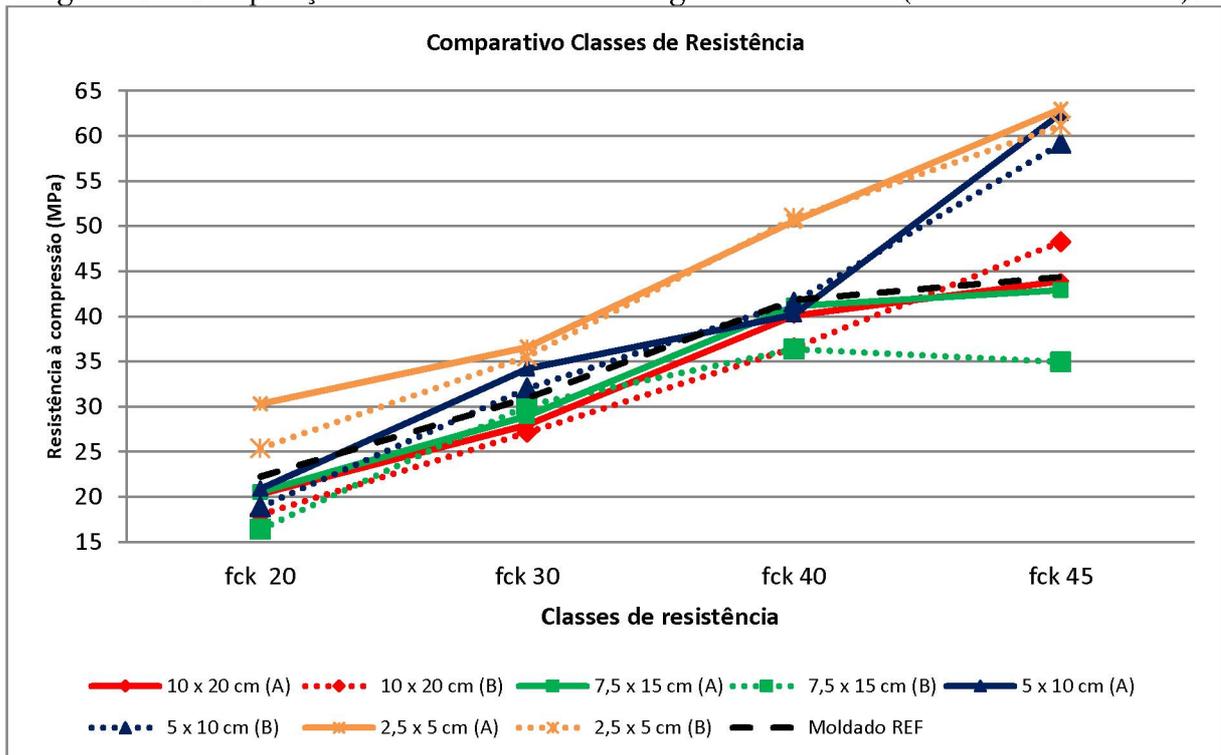


Analisando os gráficos dispostos anteriormente, nota-se que os corpos de prova, nos diferentes tipos de cura, mantiveram uma grande semelhança de comportamento dentro de cada classe, fazendo-se exceção apenas o lote 04 (fck 45), onde, apesar da baixa variabilidade, os resultados tiveram um contraste maior. Analisando os coeficientes de variação dos gráficos anteriores, nota-se uma predominância de valores mais baixos nos corpos de prova, seguido por extrações paralelas e ortogonais.

Dentro do contexto analisado, esperava-se uma predominância de resultados mais altos nos corpos de prova moldados, se comparados com testemunhos extraídos. Isto de fato ocorreu na maior parte dos casos, com diferenças maiores em testemunhos extraídos na direção ortogonal, justificando coeficientes de majoração de resistência para este parâmetro. O Gráfico da Figura 48 ilustra as diferenças nos resultados médios dos testemunhos extraídos nos diferentes diâmetros e direções, com o corpo de prova normativo nas diferentes classes de resistência.

A Figura 48 também ilustra que, existe uma tendência dos valores de extrações na direção ortogonal à concretagem, serem sempre inferiores aos extraídos paralelamente à concretagem, fato este também encontrado em outras pesquisas conforme elucidado no capítulo de revisão bibliográfica, tais como Neville (2001) e Ergün e Kürklü (2012). A análise de cada diâmetro frente à variação do fck será avaliada adiante, no tópico de análise dos efeitos dos diâmetros e direção de extração.

Figura 48 – Comparação de testemunhos x moldagem normatizada (classes de resistência).



Nos três primeiros lotes as resistências médias dos testemunhos extraídos paralelamente à concretagem nos diâmetros de 100 mm, 75 mm e 50 mm são similares, em concordância com estudos já realizados nesta área. A discrepância nestes lotes surge especificamente nos testemunhos com 25 mm, onde a relação diâmetro do testemunho/agregado está muito aquém de 3,0, valor preconizado em referências normativas. Neste caso específico, as resistências obtidas foram superiores tanto em relação aos demais testemunhos, quanto em relação aos corpos de prova moldados. Esta análise está de acordo com os resultados encontrados por Vieira Filho (2007), que encontrou resultados maiores em testemunhos de 25 mm. Já no quarto lote de concreto, cujo fck foi o mais elevado, o comportamento dos testemunhos de 50 mm se mostrou similar aos de  $\phi$  25 mm, em ambas as direções de extração, ou seja, superior aos corpos de prova moldados.

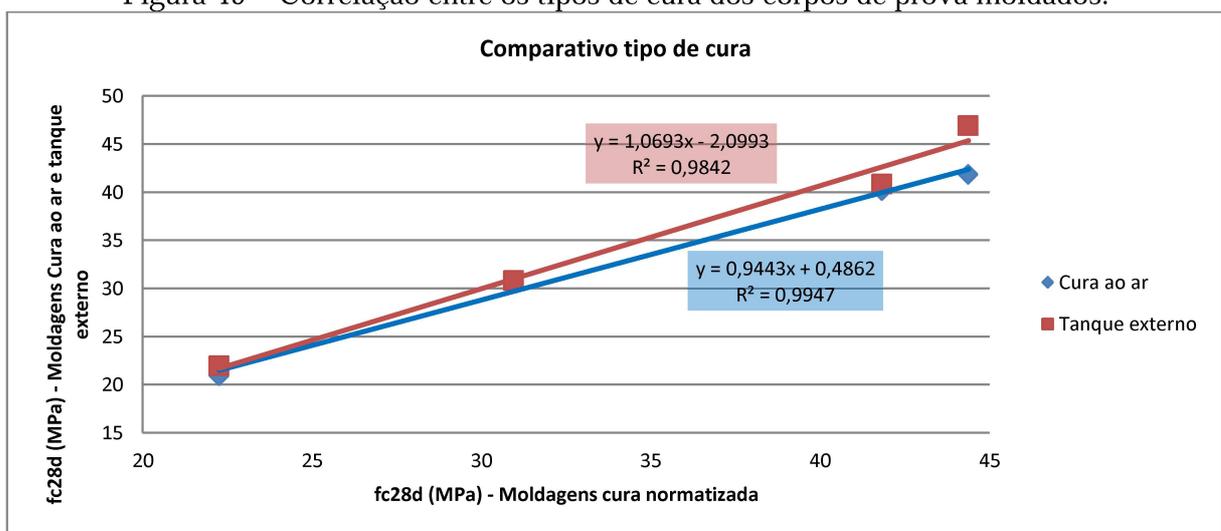
A explicação atribuída para a tendência de testemunhos com dimensões menores gerarem maiores resistências é a de que o volume torna-se um parâmetro favorável a este acontecimento. Quanto menor o volume extraído, menor a probabilidade de o testemunho conter zonas frágeis que diminuiriam a resistência, ocorrência esta presente em todos os tipos de concreto devido à sua variabilidade. Apesar disto, deve-se salientar que quanto menor o diâmetro de extração, maior a probabilidade de danos aos testemunhos, fato este observado

também por Vieira Filho (2007) e retratado no tópico de dificuldades encontradas, relatado anteriormente.

A relação entre o diâmetro do testemunho/ diâmetro do agregado também tem influência na variabilidade de resultados. Conforme mostram os gráficos existe uma predominância de coeficientes de variação maiores em testemunhos onde a condicionante da relação diâmetro do testemunho/agregado igual a 3,0 não se faz presente, ou seja, nos  $\phi$  de 50 mm e 25 mm. Esta análise entra em concordância com o exposto na ASTM C 42 (2013) e também com os trabalhos de Vieira Filho (2007) e Tunçan *et al.* (2008).

Observando-se apenas corpos de prova moldados, é constatado que nos três primeiros lotes houve uma similaridade nos resultados, porém sempre com o maior resultado na cura e rompimento normativo. Esta tendência destoou no Lote 04, onde os corpos de prova curados em tanque externo resultaram mais elevados do que a cura normativa. Isto pode ser causado por vários motivos, porém o principal é a condição de rompimento. Ao passo que todos os corpos de prova curados normatizados foram rompidos úmidos, os demais foram rompidos secos em ambiente de laboratório de 48 a 72 horas, sendo que o curado em tanque externo estava imerso em tanque ambiente. O que pode ter ocorrido é que numa resistência mais elevada, o efeito do rompimento a seco tenha sido mais acentuado. A Figura 49 mostra que, apesar da diferença nas médias, a correlação entre os corpos de prova moldados apresenta  $R^2$  maior do que 0,98, configurando forte correlação entre os resultados.

Figura 49 – Correlação entre os tipos de cura dos corpos de prova moldados.



## 4.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA

### 4.2.1 Eliminação dos valores discrepantes (outliers)

No APÊNDICE A encontram-se as tabelas de cálculo para eliminação dos valores discrepantes (outliers), segundo a ASTM E178 (2008), sendo que a Tabela 27 até a Tabela 30 sintetizam os resultados presentes no referido Apêndice.

Tabela 27 – Resumo eliminação valores discrepantes – Evento 01 (fck 20).

Eliminação de valores discrepantes (ASTM E178-08)								
Evento de concretagem 01 (fck 20)								
n	REF	Média	Desvio Padrão	Coef. De Variação	T <sub>n</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>tabela</sub>	Verificação
1	M1	22,3	1,20	5,39%	2,06	1,33	2,482	Nenhum valor necessita ser eliminado
2	M2	20,9	1,30	6,21%	1,29	1,9	2,482	Nenhum valor necessita ser eliminado
3	M3	22,0	1,80	8,20%	1,568	2,93	2,482	Nenhum valor necessita ser eliminado
4	E1 10x20	20,4	0,88	4,31%	1,569	2,264	2,482	Nenhum valor necessita ser eliminado
5	E1 7,5x15	20,5	1,71	8,32%	2,267	1,07	2,482	Nenhum valor necessita ser eliminado
6	E1 5x10	20,9	2,09	10,00%	1,376	1,55	2,482	Nenhum valor necessita ser eliminado
7	E1 2,5x5	30,3	4,03	13,29%	1,794	1,171	2,564	Nenhum valor necessita ser eliminado
8	E2 10x20	18,0	2,67	14,79%	1,327	1,154	1,764	Nenhum valor necessita ser eliminado
9	E2 7,5x15	16,4	3,30	3,35%	1,77	0,653	1,764	Maior valor eliminado
10	E2 5x10	18,9	4,36	23,09%	1,272	1,166	1,973	Nenhum valor necessita ser eliminado
11	E2 2,5x5	25,4	2,15	8,48%	0,802	1,893	2,139	Nenhum valor necessita ser eliminado

Tabela 28 – Resumo eliminação valores discrepantes – Evento 02 (fck 30).

Eliminação de valores discrepantes (ASTM E178-08)								
Evento de concretagem 02 (fck 30)								
n	REF	Média	Desvio Padrão	Coef. De Variação	T <sub>n</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>tabela</sub>	Verificação
12	M1	30,9	1,99	6,44%	1,306	1,51	2,482	Nenhum valor necessita ser eliminado
13	M2	30,6	1,03	3,35%	0,985	2,492	2,482	Menor valor eliminado
14	M3	30,9	1,91	6,20%	1,071	2,147	2,482	Nenhum valor necessita ser eliminado
15	E1 10x20	28,0	2,96	10,56%	1,441	1,361	2,482	Nenhum valor necessita ser eliminado
16	E1 7,5x15	29,0	3,32	11,47%	1,4	1,524	2,482	Nenhum valor necessita ser eliminado
17	E1 5x10	34,2	4,04	11,81%	1,493	2,432	2,968	Nenhum valor necessita ser eliminado
18	E1 2,5x5	36,6	4,58	12,53%	1,744	1,626	2,564	Nenhum valor necessita ser eliminado
19	E2 10x20	27,1	1,32	4,87%	1,375	0,785	1,496	Nenhum valor necessita ser eliminado
20	E2 7,5x15	30,2	2,36	7,84%	1,359	0,891	1,764	Nenhum valor necessita ser eliminado
21	E2 5x10	32,0	2,39	7,46%	1,644	1,272	2,274	Nenhum valor necessita ser eliminado
22	E2 2,5x5	35,5	4,40	12,39%	1,245	1,454	2,387	Nenhum valor necessita ser eliminado

Tabela 29 – Resumo eliminação valores discrepantes – Evento 03 (fck 40).

<b>Eliminação de valores discrepantes (ASTM E178-08)</b>								
<b>Evento de concretagem 03 (fck 40)</b>								
n	REF	Média	Desvio Padrão	Coef. De Variação	T <sub>n</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>tabela</sub>	Verificação
23	M1	41,8	2,56	6,11%	1,341	0,910	2,274	Nenhum valor necessita ser eliminado
24	M2	40,2	4,30	10,71%	1,990	1,153	2,274	Nenhum valor necessita ser eliminado
25	M3	40,9	2,95	7,22%	0,970	1,878	2,274	Nenhum valor necessita ser eliminado
26	E1 10x20	40,1	7,63	19,03%	1,461	1,317	2,482	Nenhum valor necessita ser eliminado
27	E1 7,5x15	41,2	6,57	15,95%	1,575	1,400	2,482	Nenhum valor necessita ser eliminado
28	E1 5x10	40,2	1,30	3,24%	1,819	0,991	1,973	Nenhum valor necessita ser eliminado
29	E1 2,5x5	50,6	3,09	6,12%	1,653	1,290	2,564	Nenhum valor necessita ser eliminado
30	E2 10x20	36,5	6,11	16,74%	1,212	1,007	1,764	Nenhum valor necessita ser eliminado
31	E2 7,5x15	36,4	5,88	16,15%	1,228	1,322	1,764	Nenhum valor necessita ser eliminado
32	E2 5x10	41,6	5,14	12,36%	1,273	1,066	1,496	Nenhum valor necessita ser eliminado
33	E2 2,5x5	50,9	1,53	3,01%	0,924	2,367	2,274	Menor valor eliminado

Tabela 30 – Resumo eliminação valores discrepantes – Evento 04 (fck 45).

<b>Eliminação de valores discrepantes (ASTM E178-08)</b>								
<b>Evento de concretagem 04 (fck 45)</b>								
n	REF	Média	Desvio Padrão	Coef. De Variação	T <sub>n</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>tabela</sub>	Verificação
34	M1	44,4	2,66	5,99%	1,672	1,432	2,482	Nenhum valor necessita ser eliminado
35	M2	41,9	1,78	4,26%	1,238	1,449	2,482	Nenhum valor necessita ser eliminado
36	M3	47,0	2,39	5,10%	0,929	1,974	2,387	Nenhum valor necessita ser eliminado
37	E1 10x20	43,9	2,61	5,95%	0,954	1,961	2,139	Nenhum valor necessita ser eliminado
38	E1 7,5x15	42,9	3,19	7,43%	1,434	1,074	1,973	Nenhum valor necessita ser eliminado
39	E1 5x10	62,5	2,52	4,03%	1,362	1,718	2,564	Nenhum valor necessita ser eliminado
40	E1 2,5x5	63,0	4,37	6,94%	1,012	1,967	2,387	Nenhum valor necessita ser eliminado
41	E2 10x20	48,3	3,35	6,95%	0,857	1,392	1,496	Nenhum valor necessita ser eliminado
42	E2 7,5x15	34,9	2,29	6,56%	0,936	1,666	1,764	Nenhum valor necessita ser eliminado
43	E2 5x10	59,1	6,69	11,31%	1,007	1,487	1,973	Nenhum valor necessita ser eliminado
44	E2 2,5x5	61,1	5,98	9,78%	1,318	1,618	2,274	Nenhum valor necessita ser eliminado

Nota-se através das Tabelas que resumem os valores eliminados por discrepância, ou seja, que não seguem uma distribuição normal ou gaussiana, que apenas três valores necessitaram ser eliminados. Observado isto, pode-se concluir que os valores apresentaram uma dispersão adequada, dando mais confiabilidade ao estudo.

## 4.2.2 Comparativo moldado/extraído R(M/E)

Para comparar corpos de prova moldados com testemunhos extraídos e assim obter a relação entre eles, nas diferentes situações, foram realizados testes ANOVA um a um, para cada comparação possível. No APÊNDICE B encontram-se os memoriais de cálculo para cada uma das 96 análises realizadas, sendo que da Tabela 31 até a Tabela 39 estão resumidos os resultados dos cálculos, para cada evento e direção de extração. Feita uma análise geral das R(M/E), serão analisadas apenas as relações onde ocorreram diferenças estatisticamente diferentes, ou seja, onde se rejeitou a hipótese nula, aceitando-se a experimental.

Tabela 31 – Análises ANOVA 01 a 12. Lote 01 (fck 20 – Paralelo ao lançamento).

Resumo análise de Variância - ANOVA									
Lote 01 - fck 20 Extração paralela à concretagem (1)					Nível de significância $\alpha = 5\%$				
nº Análise	REF	Média		Variância		Fcalculado	Fcrítico	Conclusão	R M/E
		M	E	M	E				
1	(M1) x (E1 10x20)	22,3	20,4	1,44	0,77	16,415	4,414	<b>Diferentes</b>	1,09
2	(M1) x (E1 7,5 x 20)		20,5	1,44	2,92	6,694	4,414	<b>Diferentes</b>	1,08
3	(M1) x (E1 5 x 10)		20,9	1,44	4,37	3,084	4,414	<b>Iguais</b>	1,06
4	(M1) x (E1 2,5 x 5)		30,3	1,44	16,24	36,868	4,381	<b>Diferentes</b>	0,73
5	(M2) x (E1 10x20)	20,9	20,4	1,69	0,77	1,343	4,414	<b>Iguais</b>	1,03
6	(M2) x (E1 7,5 x 20)		20,5	1,69	2,92	0,310	4,414	<b>Iguais</b>	1,02
7	(M2) x (E1 5 x 10)		20,9	1,69	4,37	0,000	4,414	<b>Iguais</b>	1,00
8	(M2) x (E1 2,5 x 5)		30,3	1,69	16,24	49,410	4,381	<b>Diferentes</b>	0,69
9	(M3) x (E1 10x20)	22,0	20,4	3,25	0,77	6,595	4,414	<b>Diferentes</b>	1,08
10	(M3) x (E1 7,5 x 20)		20,5	3,25	2,92	3,322	4,414	<b>Iguais</b>	1,07
11	(M3) x (E1 5 x 10)		20,9	3,25	4,37	1,480	4,414	<b>Iguais</b>	1,05
12	(M3) x (E1 2,5 x 5)		30,3	3,25	16,24	36,097	4,381	<b>Diferentes</b>	0,72

\*M1 - Cura normativa. M2 - Cura ao ar. M3 - Cura em tanque ambiente

Tabela 32 – Análise ANOVA 13 a 24. Lote 01 (fck 20 – Ortogonal ao lançamento).

Resumo análise de Variância - ANOVA									
Lote 01 - fck 20 Extração ortogonal à concretagem (2)						Nível de significância $\alpha = 5\%$			
nº Análise	REF	Média		Variância		Fcalculado	Fcrítico	Conclusão	R M/E
		M	E	M	E				
13	(M1) x (E2 10x20)	22,3	18,0	1,44	7,11	18,639	4,667	Diferentes	1,23
14	(M1) x (E2 7,5 x 20)		16,4	1,44	0,30	84,276	4,747	Diferentes	1,36
15	(M1) x (E2 5 x 10)		18,9	1,44	19,02	5,509	4,600	Diferentes	1,18
16	(M1) x (E2 2,5 x 5)		25,4	1,44	4,64	14,954	4,543	Diferentes	0,88
17	(M2) x (E2 10x20)	20,9	18,0	1,69	7,11	8,292	4,667	Diferentes	1,16
18	(M2) x (E2 7,5 x 20)		16,4	1,69	0,30	43,252	4,747	Diferentes	1,27
19	(M2) x (E2 5 x 10)		18,9	1,69	19,02	1,976	4,600	Iguais	1,11
20	(M2) x (E2 2,5 x 5)		25,4	1,69	4,64	28,711	4,543	Diferentes	0,82
21	(M3) x (E2 10x20)	22,0	18,0	3,25	7,11	11,683	4,667	Diferentes	1,22
22	(M3) x (E2 7,5 x 20)		16,4	3,25	0,30	35,189	4,747	Diferentes	1,34
23	(M3) x (E2 5 x 10)		18,9	3,25	19,02	4,033	4,600	Iguais	1,16
24	(M3) x (E2 2,5 x 5)		25,4	3,25	4,64	12,659	4,543	Diferentes	0,87

\*M1 - Cura normativa. M2 - Cura ao ar. M3 - Cura em tanque ambiente

Tabela 33 - Análise ANOVA 25 a 36. Lote 02 (fck 30 – Paralelo ao lançamento).

Resumo análise de Variância - ANOVA									
Lote 02 - fck 30 Extração paralela à concretagem (1)						Nível de significância $\alpha = 5\%$			
nº Análise	REF	Média		Variância		Fcalculado	Fcrítico	Conclusão	R M/E
		M	E	M	E				
25	(M1) x (E1 10x20)	30,9	28,0	3,97	8,73	6,852	4,414	Diferentes	1,11
26	(M1) x (E1 7,5 x 20)		29,0	3,97	11,04	2,583	4,414	Iguais	1,07
27	(M1) x (E1 5 x 10)		34,2	3,97	16,33	5,784	4,210	Diferentes	0,90
28	(M1) x (E1 2,5 x 5)		36,6	3,97	21,02	12,944	4,381	Diferentes	0,85
29	(M2) x (E1 10x20)	30,6	28,0	1,05	8,73	5,122	4,543	Diferentes	1,09
30	(M2) x (E1 7,5 x 20)		29,0	1,05	11,04	2,019	4,451	Iguais	1,06
31	(M2) x (E1 5 x 10)		34,2	1,05	16,33	6,840	4,225	Diferentes	0,89
32	(M2) x (E1 2,5 x 5)		36,6	1,05	21,02	14,582	4,414	Diferentes	0,84
33	(M3) x (E1 10x20)	30,9	28,0	3,66	8,73	6,637	4,414	Diferentes	1,10
34	(M3) x (E1 7,5 x 20)		29,0	3,66	11,04	2,421	4,414	Iguais	1,07
35	(M3) x (E1 5 x 10)		34,2	3,66	16,33	6,133	4,210	Diferentes	0,90
36	(M3) x (E1 2,5 x 5)		36,6	3,66	21,02	13,482	4,381	Diferentes	0,84

\*M1 - Cura normativa. M2 - Cura ao ar. M3 - Cura em tanque ambiente

Tabela 34 - Análise ANOVA 37 a 48. Lote 02 (fck 30 – Ortogonal ao lançamento).

Resumo análise de Variância - ANOVA									
Lote 02 - fck 30 Extração ortogonal à concretagem (2)					Nível de significância $\alpha = 5\%$				
nº Análise	REF	Média		Variância		Fcalculado	Fcrítico	Conclusão	R M/E
		M	E	M	E				
37	(M1) x (E2 10x20)	30,9	27,1	3,97	1,75	12,214	4,747	Diferentes	1,14
38	(M1) x (E2 7,5 x 20)		30,2	3,97	5,59	0,467	4,667	Iguais	1,03
39	(M1) x (E2 5 x 10)		32,0	3,97	5,71	1,095	4,494	Iguais	0,97
40	(M1) x (E2 2,5 x 5)		35,5	3,97	19,40	8,931	4,451	Diferentes	0,87
41	(M2) x (E2 10x20)	30,6	27,1	1,05	1,75	27,271	4,844	Diferentes	1,13
42	(M2) x (E2 7,5 x 20)		30,2	1,05	5,59	0,272	4,747	Iguais	1,02
43	(M2) x (E2 5 x 10)		32,0	1,05	5,71	2,593	4,543	Iguais	0,96
44	(M2) x (E2 2,5 x 5)		35,5	1,05	19,40	10,686	4,494	Diferentes	0,86
45	(M3) x (E2 10x20)	30,9	27,1	3,66	1,75	12,558	4,747	Diferentes	1,14
46	(M3) x (E2 7,5 x 20)		30,2	3,66	5,59	0,393	4,667	Iguais	1,02
47	(M3) x (E2 5 x 10)		32,0	3,66	5,71	1,319	4,494	Iguais	0,96
48	(M3) x (E2 2,5 x 5)		35,5	3,66	19,40	9,396	4,451	Diferentes	0,87

\*M1 - Cura normativa. M2 - Cura ao ar. M3 - Cura em tanque ambiente

Tabela 35 - Análise ANOVA 49 a 60. Lote 03 (fck 40 – Paralelo ao lançamento).

Resumo análise de Variância - ANOVA									
Lote 03 - fck 40 Extração paralela à concretagem (1)					Nível de significância $\alpha = 5\%$				
nº Análise	REF	Média		Variância		Fcalculado	Fcrítico	Conclusão	R M/E
		M	E	M	E				
49	(M1) x (E1 10x20)	41,8	40,1	6,53	58,19	0,375	4,494	Iguais	1,04
50	(M1) x (E1 7,5 x 20)		41,2	6,53	43,13	0,071	4,494	Iguais	1,02
51	(M1) x (E1 5 x 10)		40,2	6,53	1,69	1,988	4,747	Iguais	1,04
52	(M1) x (E1 2,5 x 5)		50,6	6,53	9,57	42,555	4,451	Diferentes	0,83
53	(M2) x (E1 10x20)	40,2	40,1	18,50	58,19	0,001	4,494	Iguais	1,00
54	(M2) x (E1 7,5 x 20)		41,2	18,50	43,13	0,134	4,494	Iguais	0,98
55	(M2) x (E1 5 x 10)		40,2	18,50	1,69	0,000	4,747	Iguais	1,00
56	(M2) x (E1 2,5 x 5)		50,6	18,50	9,57	37,695	4,451	Diferentes	0,79
57	(M3) x (E1 10x20)	40,9	40,1	8,71	58,19	0,073	4,494	Iguais	1,02
58	(M3) x (E1 7,5 x 20)		41,2	8,71	43,13	0,014	4,494	Iguais	0,99
59	(M3) x (E1 5 x 10)		40,2	8,71	1,69	0,260	4,747	Iguais	1,02
60	(M3) x (E1 2,5 x 5)		50,6	8,71	9,57	47,260	4,451	Diferentes	0,81

\*M1 - Cura normativa. M2 - Cura ao ar. M3 - Cura em tanque ambiente

Tabela 36 - Análise ANOVA 61 a 72. Lote 03 (fck 40 – Ortogonal ao lançamento).

Resumo análise de Variância - ANOVA									
Lote 03 - fck 40 Extração ortogonal à concretagem (2)					Nível de significância $\alpha = 5\%$				
nº Análise	REF	Média		Variância		Fcalculado	Fcrítico	Conclusão	R M/E
		M	E	M	E				
61	(M1) x (E2 10x20)	41,8	36,5	6,53	36,51	4,886	4,844	<b>Diferentes</b>	1,15
62	(M1) x (E2 7,5 x 20)		36,4	6,53	34,52	5,450	4,844	<b>Diferentes</b>	1,15
63	(M1) x (E2 5 x 10)		41,6	6,53	26,43	0,120	5,318	<b>Iguais</b>	1,01
64	(M1) x (E2 2,5 x 5)		50,9	6,53	2,34	66,772	4,667	<b>Diferentes</b>	0,82
65	(M2) x (E2 10x20)	40,2	36,5	18,50	36,51	1,630	4,844	<b>Iguais</b>	1,10
66	(M2) x (E2 7,5 x 20)		36,4	18,50	34,52	1,824	4,844	<b>Iguais</b>	1,10
67	(M2) x (E2 5 x 10)		41,6	18,50	26,43	0,250	4,965	<b>Iguais</b>	0,97
68	(M2) x (E2 2,5 x 5)		50,9	18,50	2,34	38,773	4,667	<b>Diferentes</b>	0,79
69	(M3) x (E2 10x20)	40,9	36,5	8,71	36,51	3,047	4,844	<b>Iguais</b>	1,12
70	(M3) x (E2 7,5 x 20)		36,4	8,71	34,52	3,420	4,844	<b>Iguais</b>	1,12
71	(M3) x (E2 5 x 10)		41,6	8,71	26,43	0,097	4,965	<b>Iguais</b>	0,98
72	(M3) x (E2 2,5 x 5)		50,9	8,71	2,34	64,980	4,667	<b>Diferentes</b>	0,80

\*M1 - Cura normativa. M2 - Cura ao ar. M3 - Cura em tanque ambiente

Tabela 37 - Análise ANOVA 73 a 84. Lote 04 (fck 45 – Paralelo ao lançamento).

Resumo análise de Variância - ANOVA									
Lote 04 - fck 45 Extração paralela à concretagem (1)					Nível de significância $\alpha = 5\%$				
nº Análise	REF	Média		Variância		Fcalculado	Fcrítico	Conclusão	R M/E
		M	E	M	E				
73	(M1) x (E1 10x20)	44,4	43,9	7,07	6,82	0,132	4,543	<b>Iguais</b>	1,01
74	(M1) x (E1 7,5 x 20)		42,9	7,07	10,17	0,981	4,600	<b>Iguais</b>	1,03
75	(M1) x (E1 5 x 10)		62,5	7,07	6,34	257,623	4,381	<b>Diferentes</b>	0,71
76	(M1) x (E1 2,5 x 5)		63,0	7,07	19,10	128,667	4,451	<b>Diferentes</b>	0,70
77	(M2) x (E1 10x20)	41,9	43,9	3,18	6,82	3,728	4,543	<b>Iguais</b>	0,95
78	(M2) x (E1 7,5 x 20)		42,9	3,18	10,17	0,740	4,600	<b>Iguais</b>	0,98
79	(M2) x (E1 5 x 10)		62,5	3,18	6,34	461,656	4,381	<b>Diferentes</b>	0,67
80	(M2) x (E1 2,5 x 5)		63,0	3,18	19,10	197,989	4,451	<b>Diferentes</b>	0,66
81	(M3) x (E1 10x20)	47,0	43,9	5,72	6,82	5,912	4,600	<b>Diferentes</b>	1,07
82	(M3) x (E1 7,5 x 20)		42,9	5,72	10,17	7,902	4,667	<b>Diferentes</b>	1,09
83	(M3) x (E1 5 x 10)		62,5	5,72	6,34	197,498	4,414	<b>Diferentes</b>	0,75
84	(M3) x (E1 2,5 x 5)		63,0	5,72	19,10	93,044	4,494	<b>Diferentes</b>	0,75

\*M1 - Cura normativa. M2 - Cura ao ar. M3 - Cura em tanque ambiente

Tabela 38 - Análise ANOVA 85 a 96. Lote 04 (fck 45 – Ortogonal ao lançamento).

Resumo análise de Variância - ANOVA									
Lote 04 - fck 45 Extração ortogonal à concretagem (2)						Nível de significância $\alpha = 5\%$			
nº Análise	REF	Média		Variância		Fcalculado	Fcrítico	Conclusão	R M/E
		M	E	M	E				
85	(M1) x (E2 10x20)	44,4	48,3	7,07	11,24	5,331	4,747	Diferentes	0,92
86	(M1) x (E2 7,5 x 20)		34,9	7,07	5,26	45,490	4,667	Diferentes	1,27
87	(M1) x (E2 5 x 10)		59,1	7,07	44,74	39,803	4,600	Diferentes	0,75
88	(M1) x (E2 2,5 x 5)		61,1	7,07	35,77	63,624	4,494	Diferentes	0,73
89	(M2) x (E2 10x20)	41,9	48,3	3,18	11,24	22,630	4,747	Diferentes	0,87
90	(M2) x (E2 7,5 x 20)		34,9	3,18	5,26	41,662	4,667	Diferentes	1,20
91	(M2) x (E2 5 x 10)		59,1	3,18	44,74	62,148	4,600	Diferentes	0,71
92	(M2) x (E2 2,5 x 5)		61,1	3,18	35,77	94,789	4,494	Diferentes	0,68
93	(M3) x (E2 10x20)	47,0	48,3	5,72	11,24	0,661	4,844	Iguais	0,97
94	(M3) x (E2 7,5 x 20)		34,9	5,72	5,26	83,191	4,747	Diferentes	1,34
95	(M3) x (E2 5 x 10)		59,1	5,72	44,74	25,775	4,667	Diferentes	0,79
96	(M3) x (E2 2,5 x 5)		61,1	5,72	35,77	43,160	4,543	Diferentes	0,77

\*M1 - Cura normativa. M2 - Cura ao ar. M3 - Cura em tanque ambiente

Tabela 39 – Resumo das relações entre corpos de prova moldados e testemunhos extraídos.

Relação Geral (M/E) R(M/E)									
Lotes	Moldagem	Extração paralela ao lançamento				Extração ortogonal ao lançamento			
		10x20	7,5x15	5x10	2,5x5	10x20	7,5x15	5x10	2,5x5
Lote 01 fck 20	M1	<b>1,09</b>	<b>1,08</b>	1,06*	<b>0,73</b>	<b>1,23</b>	<b>1,36</b>	<b>1,18</b>	<b>0,88</b>
	M2	1,03*	1,02*	1,00*	<b>0,69</b>	<b>1,16</b>	<b>1,27</b>	1,11*	<b>0,82</b>
	M3	<b>1,08</b>	1,07*	1,05*	<b>0,72</b>	<b>1,22</b>	<b>1,34</b>	1,16*	<b>0,87</b>
Lote 02 fck 30	M1	<b>1,11</b>	1,07*	<b>0,90</b>	<b>0,85</b>	<b>1,14</b>	1,03*	0,97*	<b>0,87</b>
	M2	<b>1,09</b>	1,06*	<b>0,89</b>	<b>0,84</b>	<b>1,13</b>	1,02*	0,96*	<b>0,86</b>
	M3	<b>1,10</b>	1,07*	<b>0,90</b>	<b>0,84</b>	<b>1,14</b>	1,02*	0,96*	<b>0,87</b>
Lote 03 fck 40	M1	1,04*	1,02*	1,04*	<b>0,83</b>	<b>1,15</b>	<b>1,15</b>	1,01*	<b>0,82</b>
	M2	1,00*	0,98*	1,00*	<b>0,79</b>	1,10*	1,10*	0,97*	<b>0,79</b>
	M3	1,02*	0,99*	1,02*	<b>0,81</b>	1,12*	1,12*	0,92*	<b>0,80</b>
Lote 04 fck 45	M1	1,01*	1,03*	<b>0,71</b>	<b>0,70</b>	<b>0,92</b>	<b>1,27</b>	<b>0,75</b>	<b>0,73</b>
	M2	0,95*	0,98*	<b>0,67</b>	<b>0,66</b>	<b>0,87</b>	<b>1,20</b>	<b>0,71</b>	<b>0,68</b>
	M3	<b>1,07</b>	<b>1,09</b>	<b>0,75</b>	<b>0,75</b>	0,97*	<b>1,34</b>	<b>0,79</b>	<b>0,77</b>

\* Hipótese experimental rejeitada

Quando se analisa criticamente os valores de R(M/E), deve-se atentar se o valor é maior ou menor do que zero. Quando a relação é maior do que zero, significa que a resistência à compressão dos corpos de prova é maior do que a dos testemunhos, representando a perda de

resistência do testemunho devido ao fator em análise; Já quando a relação é menor do que zero, por alguma razão a resistência dos testemunhos é superior aos corpos de prova.

Através da análise das Tabelas dispostas anteriormente e principalmente pela Tabela 39, é possível realizar uma série de análises. Inicialmente verifica-se que 60,4% das  $R(M/E)$ , são estatisticamente diferentes, enquanto que em 39,6% dos casos a hipótese experimental é rejeitada, ou seja, amostras não são significativamente diferentes.

À exceção de alguns pontos, a Figura 50 retrata uma tendência observada no estudo, que é o da redução da  $R(M/E)$  com o aumento da classe de resistência do concreto em análise, ou seja, uma redução na diferença da resistência à compressão entre corpos de prova e testemunhos extraídos. A mesma observação é constatada e melhor observada através da Figura 51, onde estão representadas as médias das  $R(M/E)$  de todos os diâmetros, sendo divididas em direção de extração e  $f_{ck}$ . Esta tendência também é observada no trabalho de Vieira Filho (2007) e provavelmente está ligada à premissa deste estudo de que um concreto de maior resistência, tem maior capacidade de resistir aos danos gerados pelo processo de extração.

Nos comparativos de diâmetro 100 mm na direção paralela, a relação decresce de 1,09 para 1,01, enquanto que nos diâmetros de 75 mm a relação decresce de 1,08 para 1,03. No diâmetro de 50 mm, à exceção o  $f_{ck}$  40, também foi constatada redução da relação com o aumento do  $f_{ck}$ . Já no diâmetro de 25 mm, à exceção o  $f_{ck}$  20, a mesma tendência de redução da  $R(M/E)$  também foi encontrada

Figura 50 – Comparação  $R(M/E)$  em diferentes classes de resistência.

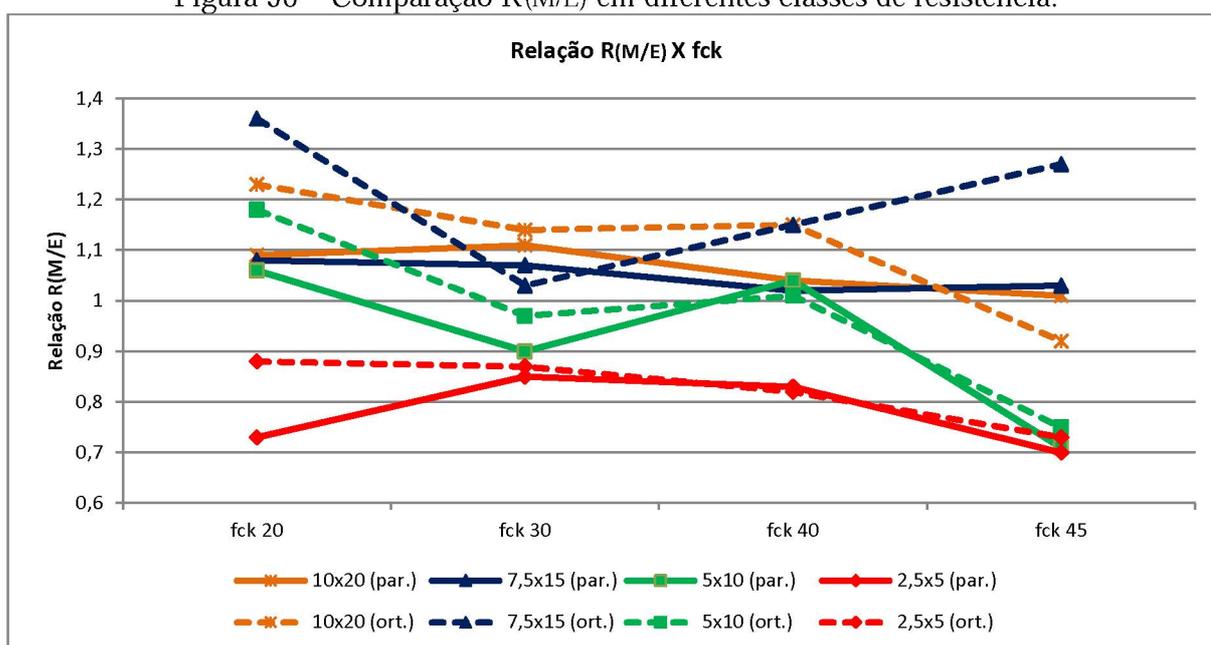
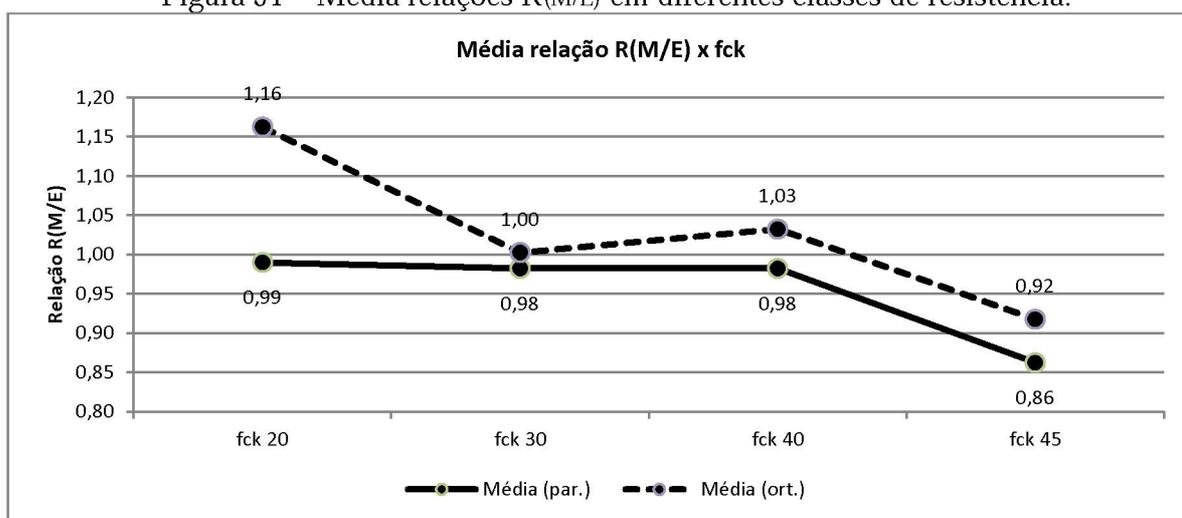
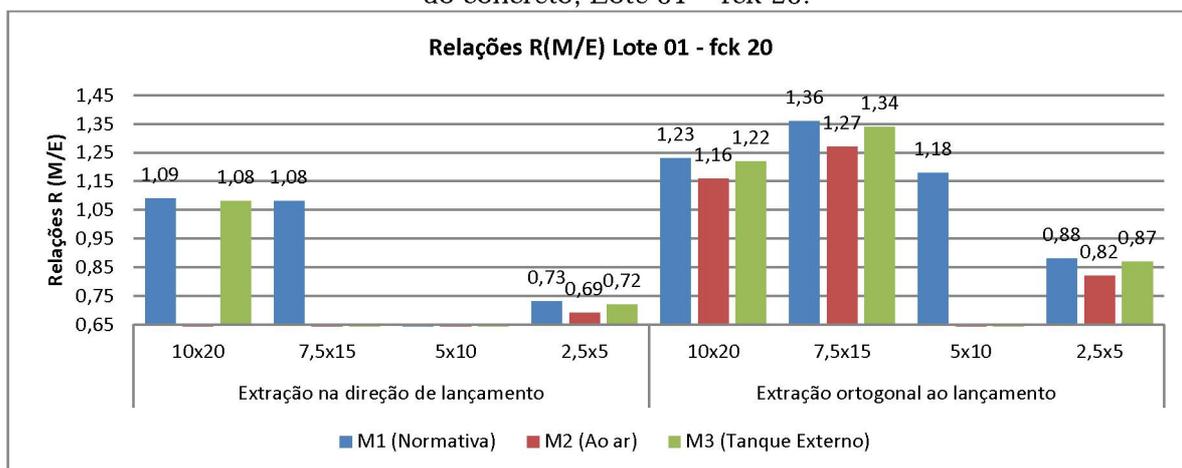


Figura 51 – Média relações  $R(M/E)$  em diferentes classes de resistência.

Observando-se o gráfico da Figura 51, é constatado que a média das  $R(M/E)$  decresce de 0,99 para 0,86 nas extrações paralelas ao lançamento, ao passo que decresce de 1,16 para 0,92 na direção ortogonal ao lançamento. Visualmente fica nítida a redução na diferença das resistências entre moldagens e extrações, com o aumento da resistência do concreto analisado. Frisa-se aqui que, a relação média final envolve todos os diâmetros, sendo este o motivo causador de algumas  $R(M/E)$  inferiores a 1,0. .

a) Lote 01 – fck 20.

No lote 01, cujo fck aplicado foi 20 MPa, os resultados das relações  $R(M/E)$  com os corpos de prova, estão contidos na Figura 52, sendo seguidos por sua análise.

Figura 52 – Variação de  $R(M/E)$  para extração ortogonal e extração na direção do lançamento do concreto, Lote 01 – fck 20.

- Comparativo com moldagem com cura normatizada (M1)

Observando-se este lote comparando corpos de prova curados normatizados (M1) nos diferentes diâmetros e direções, apenas a extração de 50 mm na direção paralela à concretagem não teve diferenças significativas. Levando em consideração o diâmetro de 100 mm de extração, comparando com o corpo de prova moldado normatizado, a relação  $R_{(M/E)}$  é de 1,09 na direção paralela ao lançamento contra 1,23 na direção ortogonal, gerando um valor médio de 1,16. Trabalhando-se com o mesmo raciocínio para extrações de 75 mm, resultaram-se valores de 1,08 e 1,36, gerando valor médio de 1,22. Já para o diâmetro de 50 mm, a relação levada em consideração é apenas a na direção ortogonal, gerando um valor de 1,18, enquanto que nos testemunhos de 25 mm, os valores resultantes são 0,73 e 0,88, gerando valor médio de 0,81.

Nota-se em todos os casos que a média  $R_{(M/E)}$  é aumentada pelas extrações na direção ortogonal ao lançamento do concreto, significando a maior perda de resistência de extrações nesta direção. Este acontecimento está diretamente ligado aos fatores mencionados no capítulo de revisão bibliográfica, onde Neville (2001) explica que a extração na direção paralela permite uma fixação mais adequada no equipamento de extração, ao passo que a operação na direção ortogonal gera pequenas movimentações no equipamento ocasionando ondulações ao longo da altura do testemunho, reduzindo sua resistência.

Neville (2001) ainda cita outra possibilidade para a diferença dos resultados encontrados em extrações paralelas e ortogonais à concretagem, sendo esta a água de exsudação. Esta água não compromete o ensaio quando a carga aplicada na compressão é normal aos “bolsões” de água presos abaixo dos agregados graúdos, porém para o caso destes “bolsões” de água estarem paralelos aos eixos do testemunho, podem resultar numa fragilização da amostra.

- Comparativo com moldagem com cura ao ar (M2).

Neste caso todas as  $R_{(M/E)}$  provenientes das extrações na direção de lançamento não foram significativas, à exceção do diâmetro 25 mm, onde o valor médio entre as extrações nas duas direções foi de 0,76. Já para os diâmetros de 100 mm e 75 mm extraídos na direção ortogonal as resultantes foram respectivamente de 1,16 e 1,27.

Os resultados obtidos comparando-se com corpos de prova curados ao ar foram mais próximos dos testemunhos, reduzindo diferenças significativas, isto ocorreu devido à menor resistência obtida nestes corpos de prova.

- Comparativo com moldagem com cura em tanque externo (M3).

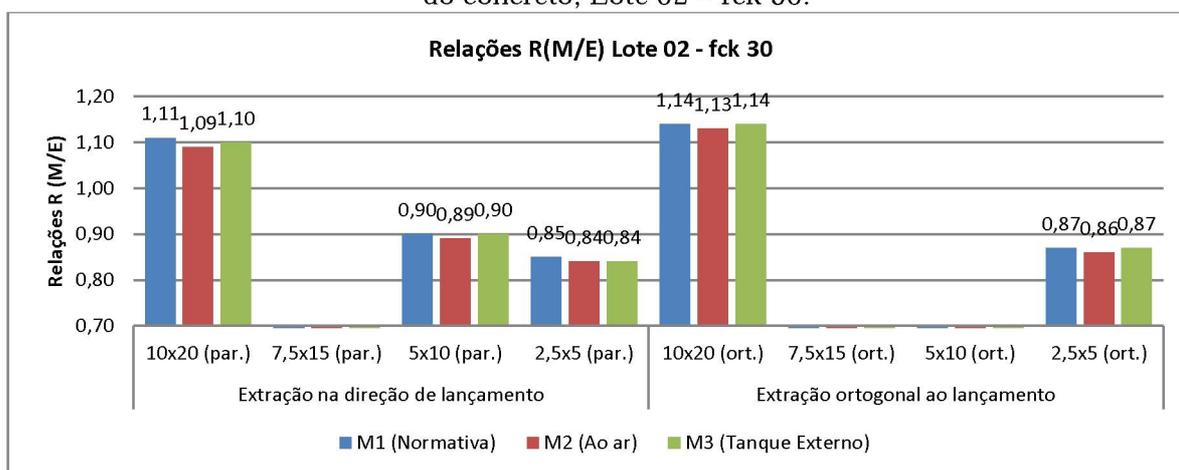
Neste comparativo houve uma proximidade com as  $R_{(M/E)}$  obtidas da moldagem com cura normatizada, ocorrida pela similaridade das resistências destes corpos de prova. Entretanto a quantidade de relações significativas foi inferior ao de cura normatizada.

O valor médio para os diâmetros de extração de 100 mm e 25 mm foram respectivamente de 1,15 e 0,80, enquanto que diâmetros de 75 mm e 50 mm não geraram diferenças significativas, à exceção 75 mm na direção ortogonal, que resultou 1,34.

b) Lote 02 – fck 30.

No lote 02, cujo fck aplicado foi 30 MPa, os resultados das relações  $R_{(M/E)}$  com os corpos de prova curados em diferentes situações, estão apresentados na Figura 53, sendo seguidos por sua análise. Nota-se que nenhuma relação  $R_{(M/E)}$  com extrações de diâmetros 75 mm foi levada em consideração, haja vista as diferenças das médias não ser significativa, conforme Tabela 33 e Tabela 34.

Figura 53 – Variação de  $R_{(M/E)}$  para extração ortogonal e extração na direção do lançamento do concreto, Lote 02 – fck 30.



- Comparativo com moldagem com cura normatizada (M1).

Nesta comparação, a  $R_{(M/E)}$  das extrações de diâmetro 100 mm na direção de lançamento e ortogonal, foram respectivamente 1,11 e 1,14, gerando um valor médio de 1,12, ao passo que para extrações de 25 mm as resultantes foram 0,85 e 0,87, com valor médio de 0,86. Já para o diâmetro de 50 mm, a  $R_{(M/E)}$  na direção paralela ao lançamento foi de 0,90, enquanto que não foi considerada a mesma relação na direção ortogonal.

- Comparativo com moldagem com cura ao ar (M2).

As relações obtidas neste caso foram próximas, porém inferiores à cura normatizada, isto porque a  $R_{(M/E)}$  média nas extrações de 100 mm e 25 mm foram de 1,11 e 0,87. De maneira semelhante, a relação com testemunhos de 50 mm extraídos na direção paralela ao lançamento resultou 0,89.

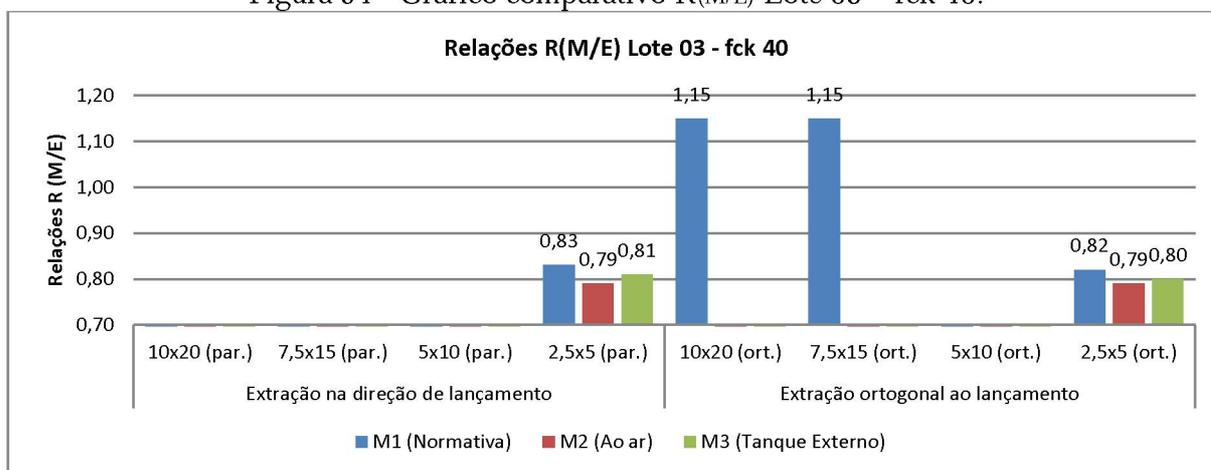
- Comparativo com moldagem com cura em tanque externo (M3).

Similar ao comparativo com cura ao ar, os resultados foram próximos, porém ainda inferiores à cura normatizada, gerando valores médios de 1,12 e 0,85 para os diâmetros de 100 mm e 25 mm, ao passo que o diâmetro de 50 mm na direção paralela à concretagem teve valor de 0,90.

c) Lote 03 – fck 40.

As relações  $R_{(M/E)}$  deste lote encontram-se na Figura 54.

Figura 54 - Gráfico comparativo  $R_{(M/E)}$  Lote 03 – fck 40.



Verifica-se inicialmente que a maior parte das relações entre as médias foi não significativa. À exceção dos testemunhos de 25 mm, apenas os de 100 mm e 75 mm na direção ortogonal com cura normativa, tiveram diferenças significativas.

- Comparativo com moldagem com cura normatizada (M1).

Sendo o único caso em que se pode levar em consideração  $R_{(M/E)}$  além do diâmetro 25 mm, mostra-se novamente o comparativo com maior significância. As  $R_{(M/E)}$  dos diâmetros

de 100 mm e 75 mm na direção ortogonal foram 1,15, ao passo que a média para o diâmetro 25 mm nas duas direções foi 0,81.

- Comparativo com moldagem com cura ao ar (M2).

A média das  $R(M/E)$  dos testemunhos com diâmetros de 25 mm foi 0,79, pouco inferior ao comparativo com moldagem com cura normatizada.

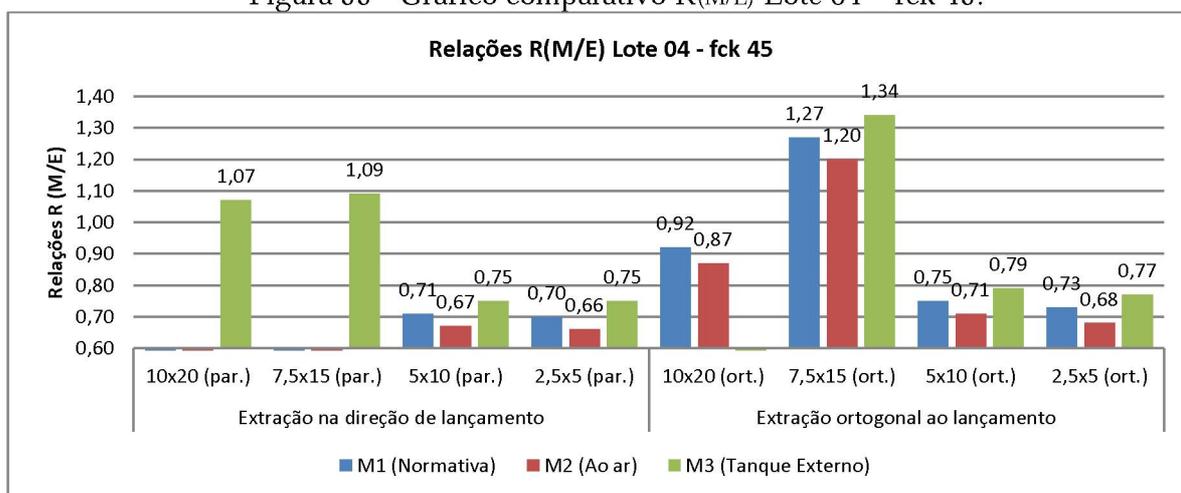
- Comparativo com moldagem com cura em tanque externo (M3).

Seguindo o comportamento do comparativo com moldagem com cura ao ar, a  $R(M/E)$  dos testemunhos com cura em tanque externo foram em média 0,80.

d) Lote 04 – fck 45

As relações  $R(M/E)$  deste lote encontram-se na Figura 55.

Figura 55 - Gráfico comparativo  $R(M/E)$  Lote 04 – fck 45.



- Comparativo com moldagem com cura normatizada (M1).

Na direção paralela ao lançamento do concreto, apenas dois valores puderam ser contabilizados, os de diâmetro 50 mm e 25 mm, sendo estes valores 0,71 e 0,70 respectivamente, gerando uma média com os da direção ortogonal de 0,73 e 0,76. No caso específico de extração na direção ortogonal ao lançamento, os diâmetros de 100 mm e 75 mm, tiveram diferenças significativas em suas médias, gerando  $R(M/E)$  de 0,92 e 1,27, respectivamente.

Aqui nota-se uma tendência antecipada na análise bruta das médias onde o resultado dos testemunhos extraídos de 50 mm foram superiores a todos os tipos de corpos de prova, igualando o padrão encontrado em todos os testemunhos de diâmetro 25 mm.

- Comparativo com moldagem com cura ao ar (M2).

Neste caso específico, apenas os comparativos  $R(M/E)$  dos diâmetros 100 mm e 75 mm na direção paralela ao lançamento não foram levados em conta; assim tratando-se em valores absolutos, estes diâmetros geraram relações de 0,87 e 1,20 para extrações ortogonais, respectivamente. Já os diâmetros de 50 mm e 25 mm resultaram em médias de 0,69 e 0,67, respectivamente.

- Comparativo com moldagem com cura em tanque externo (M3).

Conforme pode ser visto na Tabela 26, os resultados de resistência à compressão dos corpos de prova moldados e curados em tanque externo obtiveram valores acima dos normativos, gerando neste caso mais relações  $R(M/E)$  significativamente diferentes do que os normatizados. Assim, apenas no diâmetro de 100 mm na direção ortogonal não foi levado em consideração, tendo seu valor absoluto na direção de concretagem em 1,07, ao passo que as médias dos diâmetros de 75 mm, 50 mm e 25 mm foram de 1,20, 0,77 e 0,76, respectivamente.

#### 4.2.3 Comparativo extração paralela/ortogonal $R(E1/E2)$

De modo a avaliar estatisticamente as diferenças impostas na resistência dos testemunhos, quando da alteração da direção de extração, foram realizados testes por meio de ANOVA, um a um para cada comparação entre diâmetros possível. No APÊNDICE B encontram-se os memoriais de cálculo para cada uma das análises realizadas. A Tabela 40 apresenta o resumo destas análises.

Nota-se na Tabela 40, com uma significância de 95%, que cinco das dezesseis comparações de ANOVA mostraram que os valores médios de resistência dos testemunhos paralelos e ortogonais à concretagem tiveram diferenças significativas, sendo estas desigualdades presentes no fck 20 e 45.

Um acontecimento comum nestes comparativos foi o de que, mesmo nos casos em que não ocorreram diferenças significativas, a maior parte das diferenças foi positiva, ou seja, a

resistência na direção paralela foi maior do que na ortogonal. Este fato ocorreu em doze das dezesseis análises, ou seja, em 75% dos casos, estando de acordo com os trabalhos de Petersons (1968); Neville (2001) e Ergün e Kürklü (2012), que argumentam que testemunhos extraídos paralelamente à concretagem sofrem menos efeitos de redução da resistência do que seus pares extraídos na direção ortogonal. No tocante a magnitude das diferenças, esta variou nos comparativos significativamente diferentes de -9,0% até 25,2%. Como análise geral, contemplando todos os resultados, a diferença média foi de uma redução de 7,4% da resistência devido ao efeito da direção de extração, diferença esta se enquadrando de forma próxima às referências: Concrete Society (1976) – 8%; Meininger (1977) – 7%; Neville (1982) – 8%; BS 1881 (1983) – 8%; Cánovas (1988) – 5 a 8%.

A perda média de resistência de extrações ortogonais frente às paralelas, também fica próxima ao coeficiente  $k_3$  da NBR 7680 (2015), que é de 5% ou 0,05, mostrando a adequação deste parâmetro com a referência normativa nacional.

Tabela 40 - Análises ANOVA 97 a 112 – Comparativo direções de extração.

Resumo análise de Variância - ANOVA										
Comparativo extrações paralelas x ortogonais							Nível de significância $\alpha = 5\%$			
nº Análise	Lote / fck	REF	Média		Variância		Fcalculado	Fcritico	Conclusão	DIF
			E1	E2	E1	E2				
97	01 - fck 20	(E1 10x20) x (E2 10x20)	20,4	18,0	0,77	7,11	6,565	4,667	Diferentes	12,8%
98	01 - fck 20	(E1 7,5 x 20) x (E2 7,5 x 15)	20,5	16,4	2,92	0,30	21,502	4,747	Diferentes	25,2%
99	01 - fck 20	(E1 5 x 10) x (E2 5x10)	20,9	18,9	4,37	19,02	1,606	4,600	Iguais	10,7%
100	01 - fck 20	(E1 2,5 x 5) x (E2 2,5 x 5)	30,3	25,4	16,24	4,64	8,697	4,494	Diferentes	19,4%
101	02 - fck 30	(E1 10x20) x (E2 10x20)	28,0	27,1	8,73	1,75	0,310	4,747	Iguais	3,2%
102	02 - fck 30	(E1 7,5 x 20) x (E2 7,5 x 15)	29,0	30,2	11,04	5,59	0,494	4,667	Iguais	-3,9%
103	02 - fck 30	(E1 5 x 10) x (E2 5x10)	34,2	32,0	16,33	5,71	2,046	4,242	Iguais	6,9%
104	02 - fck 30	(E1 2,5 x 5) x (E2 2,5 x 5)	36,6	35,5	21,02	19,40	0,271	4,414	Iguais	3,0%
105	03 - fck 40	(E1 10x20) x (E2 10x20)	40,1	36,5	58,19	37,38	0,823	4,667	Iguais	9,8%
106	03 - fck 40	(E1 7,5 x 20) x (E2 7,5 x 15)	41,2	36,4	43,13	34,52	1,884	4,667	Iguais	13,1%
107	03 - fck 40	(E1 5 x 10) x (E2 5x10)	40,2	41,6	1,69	26,43	0,414	5,318	Iguais	-3,3%
108	03 - fck 40	(E1 2,5 x 5) x (E2 2,5 x 5)	50,6	50,9	9,57	2,34	0,067	4,494	Iguais	-0,6%
109	04 - fck 45	(E1 10x20) x (E2 10x20)	43,9	48,3	6,82	11,24	5,844	5,117	Diferentes	-9,0%
110	04 - fck 45	(E1 7,5 x 20) x (E2 7,5 x 15)	42,9	34,9	10,17	5,26	21,659	5,117	Diferentes	22,8%
111	04 - fck 45	(E1 5 x 10) x (E2 5x10)	62,5	59,1	6,34	44,74	2,310	4,543	Iguais	5,7%
112	04 - fck 45	(E1 2,5 x 5) x (E2 2,5 x 5)	63,0	61,1	19,10	35,77	0,531	4,543	Iguais	3,0%

## 4.2.4 Comparativo tipos de moldagem

Seguindo os procedimentos adotados nos itens anteriores, foram analisadas por meio de ANOVA as diferenças entre os tipos de moldagem, objetivando principalmente qualificar quais são as diferenças significativas. Os memoriais de cálculo das análises contidas na Tabela 41 são encontrados no APÊNDICE B.

Tabela 41 - Análises ANOVA 113 a 124 – Comparativo moldagens.

Resumo análise de Variância - ANOVA										
Comparativo moldagens - Tipo de cura							Nível de significância $\alpha = 5\%$			
nº Análise	Lote / fck	REF	Média		Variância		Fcalculado	Fcrítico	Conclusão	Delta
			M	M	M	M				
113	01 - fck 20	M1 X M2	22,3	20,9	1,44	1,69	5,655	4,414	Diferentes	6,4%
114	01 - fck 20	M1 X M3	22,3	22,0	1,44	3,25	0,164	4,414	Iguais	1,3%
115	01 - fck 20	M2 X M3	20,9	22,0	1,69	3,25	2,247	4,414	Iguais	-4,8%
116	02 - fck 30	M1 X M2	30,9	30,1	3,97	4,01	0,970	4,414	Iguais	2,9%
117	02 - fck 30	M1 X M3	30,9	30,9	3,97	3,66	0,009	4,414	Iguais	0,3%
118	02 - fck 30	M2 X M3	30,1	30,9	4,01	3,66	0,829	4,414	Iguais	-2,6%
119	03 - fck 40	M1 X M2	41,8	40,2	6,53	18,50	0,862	4,600	Iguais	4,1%
120	03 - fck 40	M1 X M3	41,8	40,9	6,53	8,71	0,479	4,600	Iguais	2,3%
121	03 - fck 40	M2 X M3	40,2	40,9	18,50	8,71	0,139	4,600	Iguais	-1,7%
122	04 - fck 45	M1 X M2	44,4	41,9	7,07	3,18	6,204	4,414	Diferentes	6,0%
123	04 - fck 45	M1 X M3	44,4	47,0	7,07	5,72	4,886	4,451	Diferentes	-5,5%
124	04 - fck 45	M2 X M3	41,9	47,0	3,18	5,72	28,143	4,451	Diferentes	-10,9%

A Tabela 41 exprime que quatro das doze análises ANOVA entre as moldagens geraram diferenças significativas. Todas as moldagens do fck 45 resultaram em médias estatisticamente diferentes, ao passo que uma do fck 20 (cura normatizada x cura ao ar) resultou diferenças. Esta disparidade encontrada no caso específico do fck 20 é explicada pela maior quantidade de água neste traço, pela relação a/c mais elevada e menor consumo de cimento, o que pode ter levado a retrações plásticas, fato que certamente não ocorreu nos corpos de prova curados submersos em água, seja no tanque externo, seja no tanque de cura normatizado.

O padrão encontrado em geral nos resultados mostra que apesar das curas e da condição de rompimento (seco ou saturado) terem variado nas moldagens, encontrou-se uma boa condição de resultados em todas as amostras. É possível que o fck mais alto, por ter um maior consumo de cimento, tenha sido submetido a variações mais intensas em sua microestrutura

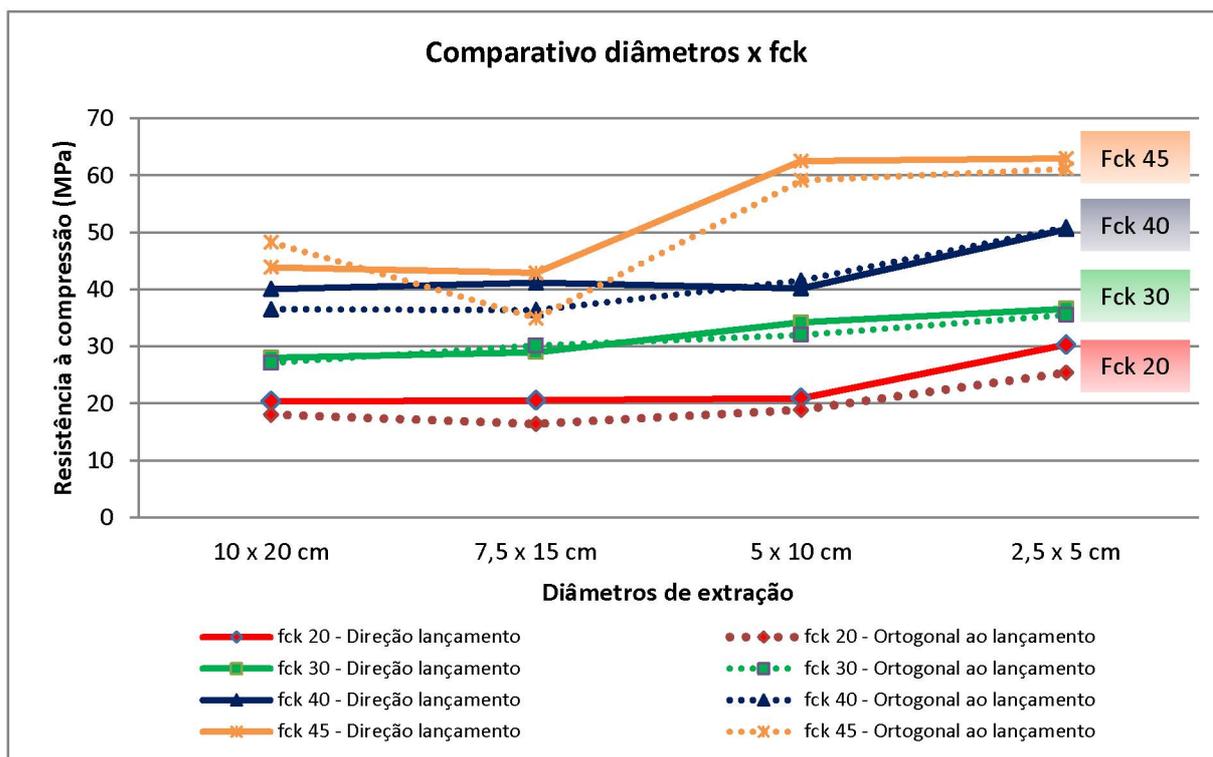
em virtude do processo de cura, ao passo que no intervalo de resistências médias (fck 30 e 40) nenhum tipo de cura ou condição de rompimento influenciou os resultados de tamanha magnitude que gerasse desequilíbrio.

#### 4.3 ANÁLISE MÚLTIPLA DAS MÉDIAS - EFEITOS DO DIÂMETRO E DIREÇÃO DE EXTRAÇÃO

Com a eliminação dos dados espúrios já realizada na análise estatística e também as relações  $R(M/E)$  devidamente avaliadas, deu-se prosseguimento para análise dos resultados entre médias, gerando gráficos comparativos e de correlação, para que posteriormente pudessem ser obtidas conclusões dos ensaios.

Antes de se proceder com as análises de cada diâmetro de extração frente aos corpos de prova normatizados, foram comparados todos os diâmetros de extração, ante cada fck. A Figura 56 mostra a tendência encontrada nas análises anteriores de que extrações na direção ortogonal resultam, em geral, em valores mais baixos do que os resultantes das extrações na direção paralela ao lançamento do concreto. Também é percebido que a resistência dos testemunhos de diâmetro 50 mm seguem a tendência dos diâmetros de 75 mm e 100 mm até o fck 40, tendo uma mudança no fck 45, gerando valores mais altos.

Figura 56 – Comparativo de resistência de extrações por diâmetro x classe de resistência.



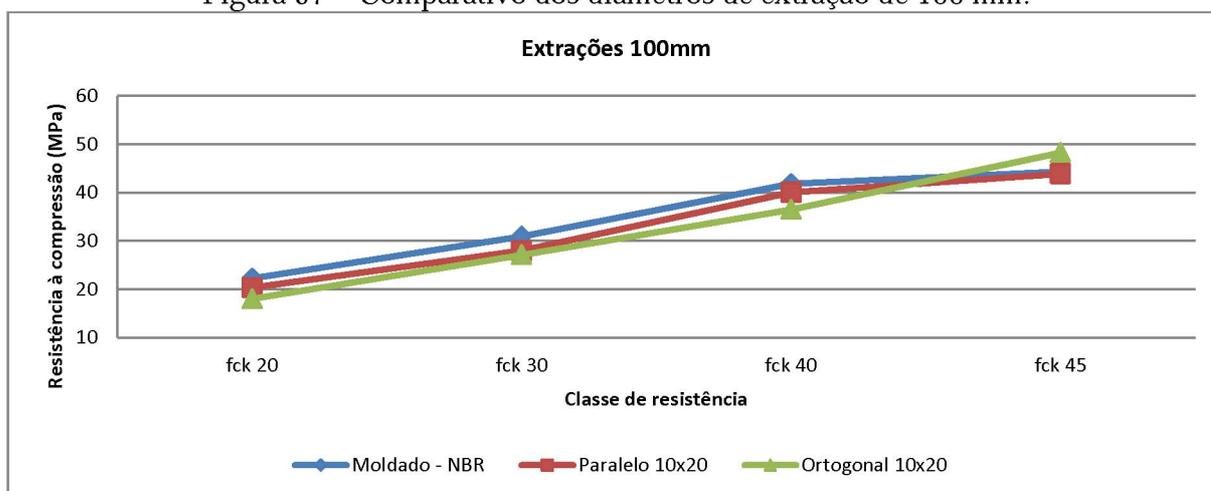
A Figura 56 também indica que a extração na direção ortogonal do diâmetro 75 mm com fck 45 apresentou um resultado fora da normalidade, sendo mais baixo até que o 75 mm com fck 40. Este foi considerado como um desvio de ensaio, não sendo então analisado.

Todos os comparativos descritos a seguir são relativos a resultados de testemunhos confrontados com os corpos de prova moldados e curados de forma normativa, fazendo-se exceção apenas o caso onde são comparados os corpos de prova entre si.

#### 4.3.1 Diâmetro 100 mm x direções de extração

Conforme é possível observar na Figura 57, os resultados das moldagens foram superiores a ambas as direções de extração até o fck 40, com esta tendência sendo alterada no fck 45, onde as extrações na direção ortogonal foram superiores em 3,9 MPa em média. Este acontecimento pode estar ligado tanto a um desvio de ensaio quanto a uma melhor homogeneização do concreto nos locais onde foram extraídos os testemunhos. Deve-se atentar que apenas este ponto saiu da tendência, que é a de uma superioridade dos corpos de prova moldados em relação aos testemunhos extraídos, sendo esta diferença reduzida com o aumento da classe de resistência analisada. Quanto à significância da diferença entre as extrações e os corpos de prova moldados, dos oito pontos de análise (quatro fcks nas duas direções), apenas dois não geraram diferenças significativas, sendo o fck 40 e 45 nas direções paralelas.

Figura 57 – Comparativo dos diâmetros de extração de 100 mm.

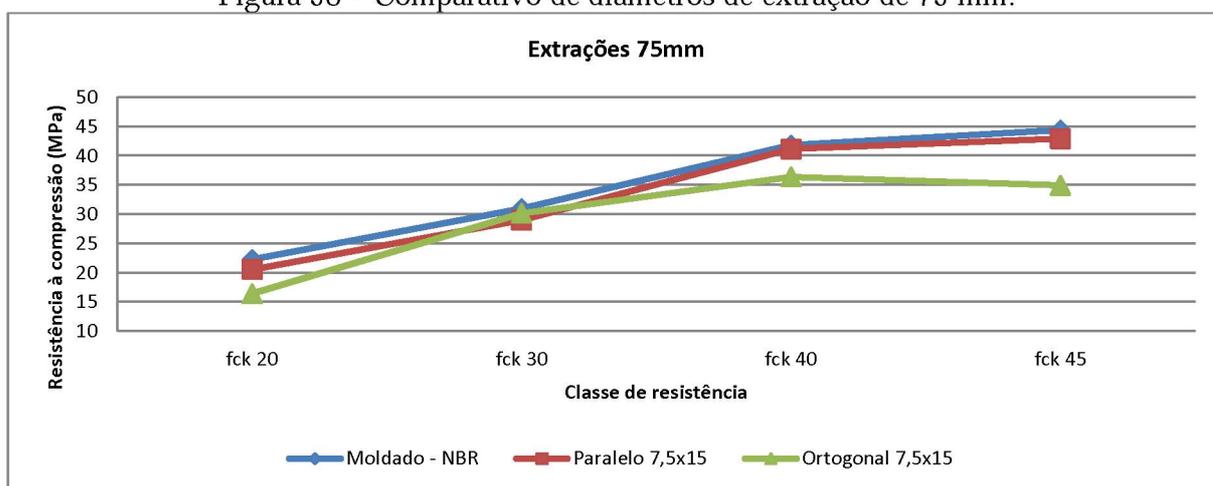


Calculando-se diferenças médias, os resultados das extrações paralelas à concretagem foram 1,8 MPa ou 6,3% menores, ao passo que na direção ortogonal foram 11% menores. Em termos gerais, as extrações no diâmetro 100 mm tiveram uma redução média de 8,6%, estando estas diferenças ligadas diretamente o efeito do broqueamento no ato da extração dos testemunhos. Confrontando estes resultados com o coeficiente  $k_2$  da NBR 7680 (2015), 8,7% encontrados está próximo dos 6% ou 0,06 preconizados, ou seja, mostra a proximidade da realidade com a referência normativa. As diferenças encontradas nesta análise são condizentes com as relações  $R(M/E)$  abordadas anteriormente.

#### 4.3.2 Diâmetro 75 mm x direções de extração

De maneira semelhante ao representado no gráfico anterior, a Figura 58 apresenta um gráfico comparando testemunhos de diâmetro 75 mm, onde se observa uma tendência de aproximação dos resultados dos extraídos com os moldados, destoando novamente apenas no fck 45 com extração ortogonal ao lançamento do concreto. Neste ponto o resultado médio ficou fora do padrão, estando abaixo ainda do fck 40, possivelmente sendo caracterizado como um desvio de ensaio. Ademais, constata-se também nesta representação gráfica que resultados de extrações na direção ortogonal mantiveram-se menores do que os paralelos à concretagem. Na comparação estatística o fck 30 não gerou diferenças significativas entre testemunhos e corpos de prova, fato este que se repetiu nos fcks 40 e 45 nas direções paralelas à concretagem. Apesar de apenas quatro pontos, dos oito em análise, gerarem diferenças significativas, a forte incidência das médias dos testemunhos resultarem inferiores aos corpos de prova, é uma indicação de que não se trata de um simples fato aleatório.

Figura 58 – Comparativo de diâmetros de extração de 75 mm.

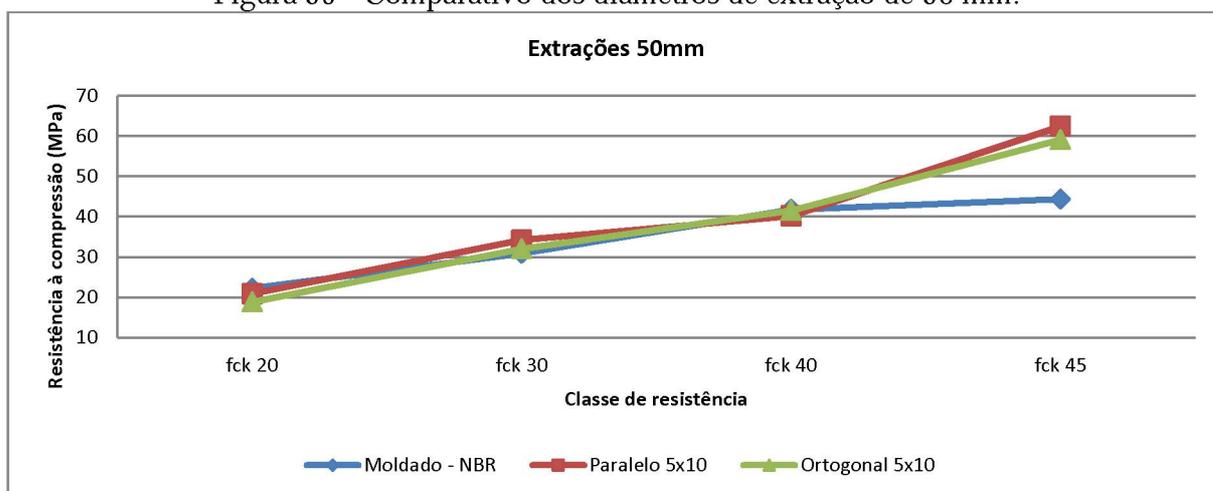


Em média os resultados das extrações na direção paralela à concretagem postaram-se num patamar de 5,0% abaixo dos corpos de prova normatizados, ao passo que os na direção ortogonal afastaram-se mais, chegando ao valor médio de 17,7%. Na média geral, os resultados dos testemunhos extraídos de 75 mm tiveram uma redução de 11,4% da resistência, em concordância com as relações  $R_{(M/E)}$  expostas anteriormente. Confrontando estes resultados com o coeficiente  $k_2$  da NBR 7680 (2015), 11,4% encontrados está próximo dos 9% ou 0,09 preconizados, ou seja, mostra a proximidade da realidade com a referência normativa. As diferenças encontradas nesta análise são condizentes com as relações  $R_{(M/E)}$  abordadas anteriormente

#### 4.3.3 Diâmetro 50 mm x direções de extração

O comportamento dos testemunhos de 50 mm se aproximou dos encontrados nos de 100 e 75 mm, isto devido à proximidade com a resistência de corpos de prova normatizados até o fck 40, ponto o qual foi de convergência para uma superação dos resultados extraídos, conforme consta na Figura 59. Analisando estatisticamente, as diferenças entre os corpos de prova e os testemunhos no fck 40, na direção ortogonal do fck 30 e na direção paralela do fck 20, não geraram diferenças significativas. Fato este que é sobreposto pelos outros quatro pontos comparativos com diferenças significativas, mostrando assim que a tendência encontrada não pode ser considerada um fenômeno aleatório.

Figura 59 - Comparativo dos diâmetros de extração de 50 mm.



Não houve diferença média na resistência das extrações paralelas à concretagem nos fcks 20, 30 e 40, porém no fck 45, a diferença foi de 18,1 MPa ou 29% acima dos corpos de prova moldados. Este comportamento foi encontrado também nos testemunhos extraídos ortogonalmente ao lançamento, onde a média de diferença nos fcks 20, 30 e 40 foi de 5,0%, afastando-se no fck 45 para 14,8 MPa ou 25% a mais que os corpos de prova moldados. Estes padrões foram antecipados através da análise das relações  $R_{(M/E)}$  abordadas anteriormente, onde as  $R_{(M/E)}$  obtidas no fck 45 foram menores do que 1,0.

No caso específico deste diâmetro, que segundo a NBR 7680 (2015) pode ser utilizado, a redução média na resistência foi de aproximadamente 2,6%, contrariando o coeficiente normativo  $k_2$  que é de 12% ou 0,12. No entanto estas diferenças encontradas estão condizentes com o trabalho de Vieira Filho (2007), onde a redução de resistência encontrada para este diâmetro foi de 4%.

#### 4.3.4 Diâmetro de 25 mm x direções de extração

O comportamento mostrado nos testemunhos de diâmetro 25 mm mostrou-se bastante conciso, mantendo o mesmo padrão em todos os níveis de fck, sempre com resultados acima dos corpos de prova normatizados. Esta tendência fica ainda mais sólida analisando-se os comparativos estatisticamente, pois, em todos os casos as diferenças nas médias entre os corpos de prova e testemunhos, foram significativas.

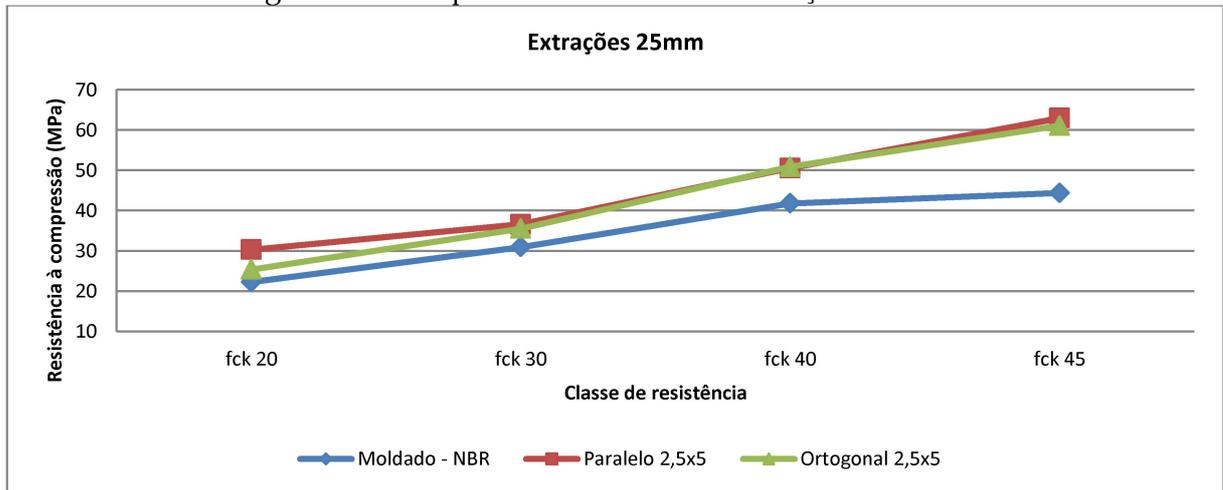
Conforme se observa na Figura 60, os testemunhos deste diâmetro tiveram resistência em média 22,2% maiores na direção paralela ao lançamento e 17,6% quando a extração foi ortogonal ao lançamento, gerando uma média de 19,9% superior aos corpos de prova moldados. Estes resultados médios estão em concordância com as relações  $R_{(M/E)}$  encontradas para este diâmetro em comparação com corpos de prova moldados normatizados.

Como a NBR 7680 (2015) ainda não contempla e nem recomenda a utilização deste diâmetro, a avaliação comparativa pode ser feita com o trabalho de Vieira Filho (2007), onde os resultados encontrados também mostraram uma superioridade na resistência dos testemunhos em 2%. Apesar da grande diferença entre o encontrado neste trabalho com o de Vieira Filho (2007), fica nítido que a condução de mais ensaios neste diâmetro é necessária, haja vista resultados contrariarem a tendência de redução da resistência.

O que pode ter influenciado nesta diferença maior, 2% comparados com 19,9%, foi a utilização da mesma prensa hidráulica para estas amostras de menor dimensão. Como a área

de contato com a prensa é menor, a força necessária para gerar a tensão de rompimento é muito menor, assim erros tangíveis pela utilização de uma prensa de grande capacidade de carga, para uma amostra de reduzido tamanho, podem ter gerado estas diferenças.

Figura 60 - Comparativo diâmetros de extração de 25 mm.



#### 4.3.5 Correlações direções de extração

Avaliando-se as correlações entre corpos de prova normatizados e as extrações dos testemunhos nas duas diferentes direções de extração, é possível se ter uma visão global das tendências dos resultados. A Figura 61 compara testemunhos extraídos na direção paralela ao lançamento com corpos de prova normatizados, ao passo que a Figura 62 compara testemunhos extraídos ortogonalmente ao lançamento com os mesmos corpos de prova normatizados.

Figura 61 – Correlação - extrações na direção de lançamento x corpos de prova normatizados.

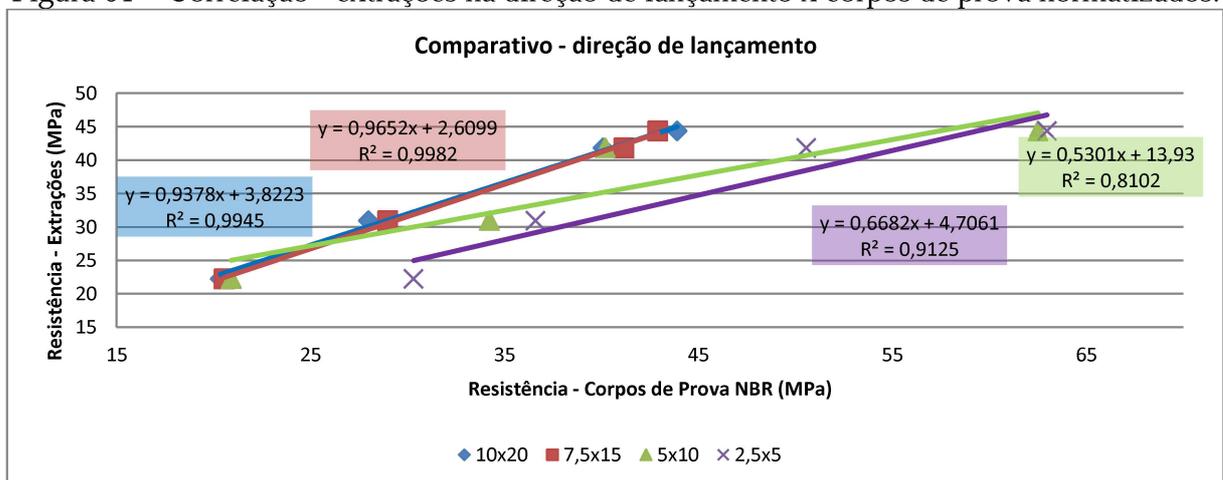
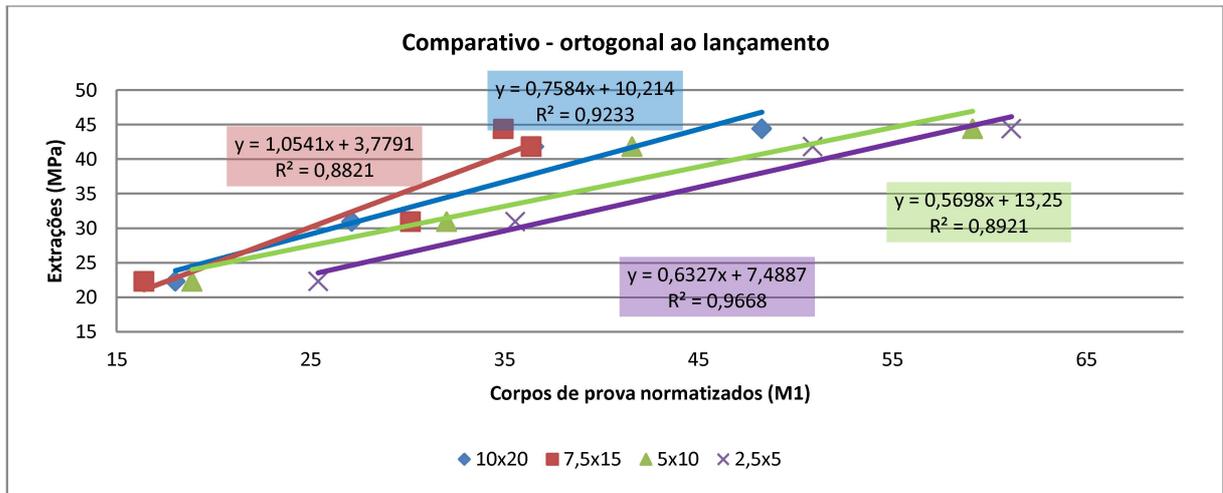


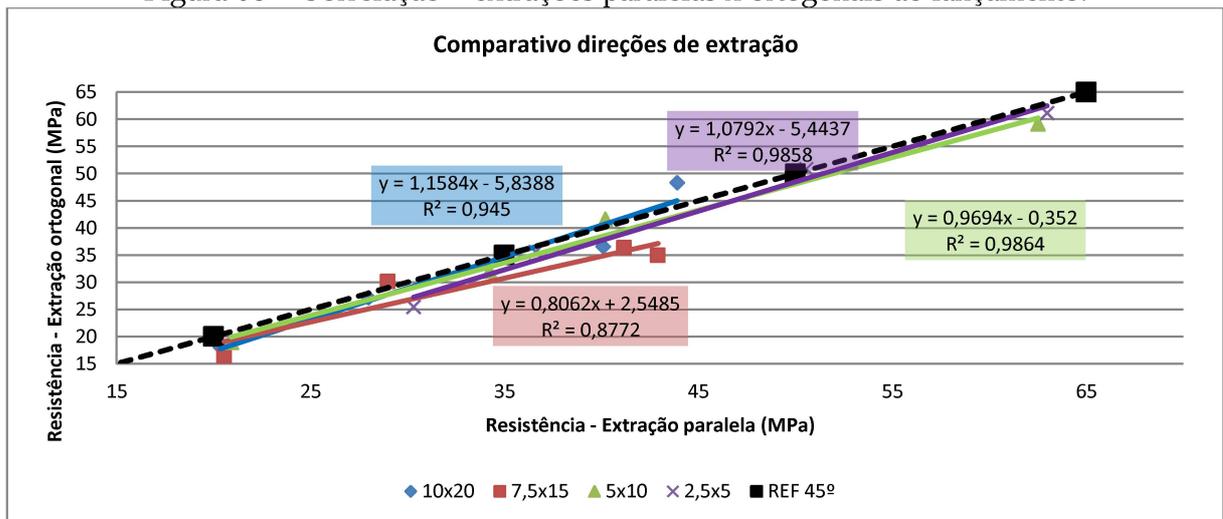
Figura 62 – Correlação – extrações ortogonais ao lançamento x corpos de prova normalizados.



Avaliando-se a regressão linear obtida em todos os casos, constata-se que tratam-se de valores acima de 0,8, indicando um bom grau de correlação entre os corpos de prova e testemunhos extraídos, porém de tal magnitude que ainda existam diferenças significativas, conforme análise estatística tratada anteriormente.

Na observação das correlações de extrações entre si, ou seja, nas diferentes direções de extração, constatou-se também um ótimo grau de correlação entre os valores, conforme gráfico constante na Figura 63.

Figura 63 – Correlação – extrações paralelas x ortogonais ao lançamento.

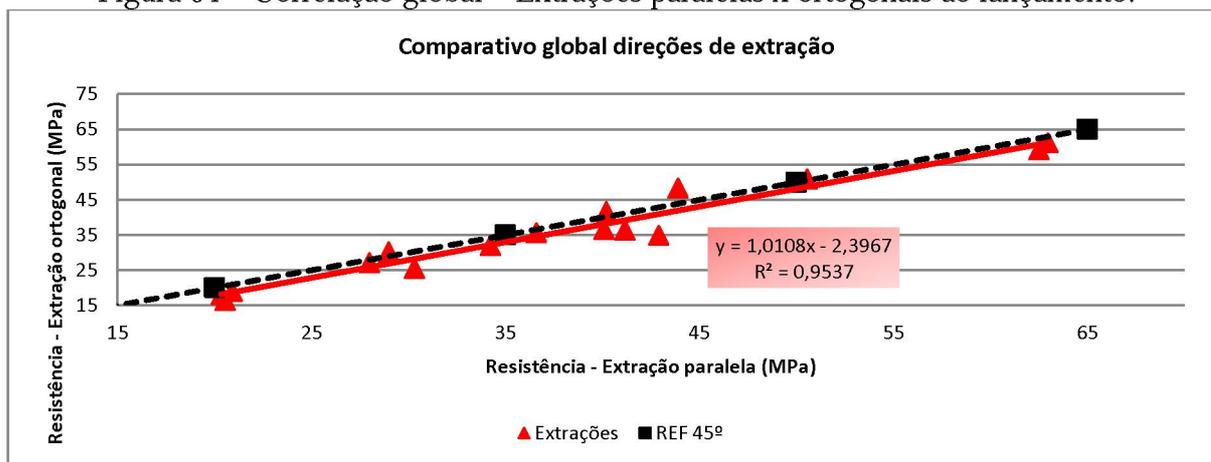


Como análise complementar da Figura 63, podem-se comparar as linhas de tendência obtidas, com uma linha de referência a 45°, ou seja, com uma linha que representa a não existência de diferenças nas direções de extração entre si. Pode-se observar que a inclinação

de todas as linhas de tendência se aproxima da linha de referência, indicando uma baixa discrepância entre as direções de extração. Esta análise corrobora a análise estatística, em que cinco das dezesseis comparações possíveis, geraram valores significativamente diferentes.

Com todas as dezesseis comparações possíveis (quatro por fck), pode-se ter um parâmetro global da correlação entre as direções de extração, conforme Figura 64.

Figura 64 – Correlação global – Extrações paralelas x ortogonais ao lançamento.



Na Figura 64, onde não há subdivisão por diâmetro de extração, nota-se que o valor de  $R^2$  de 0,95, indicando boa correlação entre as direções de extração, e também de que o ângulo da linha de tendência é muito similar a ângulo de  $45^\circ$  da reta de referencia.

#### 4.4 ENSAIOS COMPLEMENTARES

Os ensaios complementares foram realizados de acordo com o pré-estabelecido no capítulo 3 deste trabalho. Todos os ensaios de esclerometria e ultrassom foram realizados nos blocos de concreto na idade de 28 dias, ou seja, na mesma idade de rompimento dos corpos de prova e testemunhos.

##### 4.4.1 Esclerometria

Conforme já mencionado, durante o ensaio de esclerometria, dificuldades foram encontradas quando o equipamento foi utilizado na superfície superior do concreto, devido à irregularidade da superfície, portanto os valores que foram levados em consideração foram aqueles obtidos nos ensaios nas laterais dos blocos (direção ortogonal).

No APÊNDICE D constam todas as leituras realizadas neste ensaio, sendo que neste tópico são retratadas as estimativas de resistência de cada ensaio e posteriormente sua análise de correlação com os corpos de prova moldados normatizados.

A Figura 65 ilustra que a estimativa da resistência pelo ensaio esclerométrico foi muito próxima da resistência encontrada nos corpos de prova normatizados, variando de 2,1 MPa (fck 45) a 2,9 MPa (fck 20), representando diferenças de 4,6 a 14,9%. Já a

Figura 66 demonstra a correlação da média dos índices esclerométricos com a resistência à compressão dos diferentes tipos de corpos de prova, provando boas correlações e dando confiabilidade nos resultados encontrados.

Os resultados mostram que o ensaio de esclerometria pode ser utilizado como um parâmetro balizador da resistência à compressão do concreto, diminuindo assim a quantidade de extrações a ser realizada, caso este ensaio seja feito de maneira comparativa.

Figura 65 – Comparativo de resistência corpos de prova normativos x resistência estimada por esclerometria.

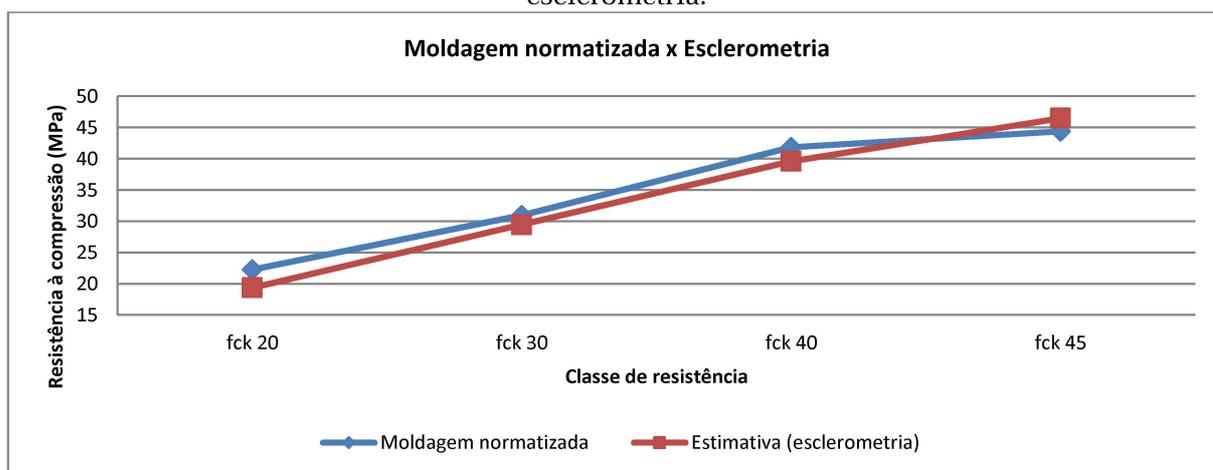
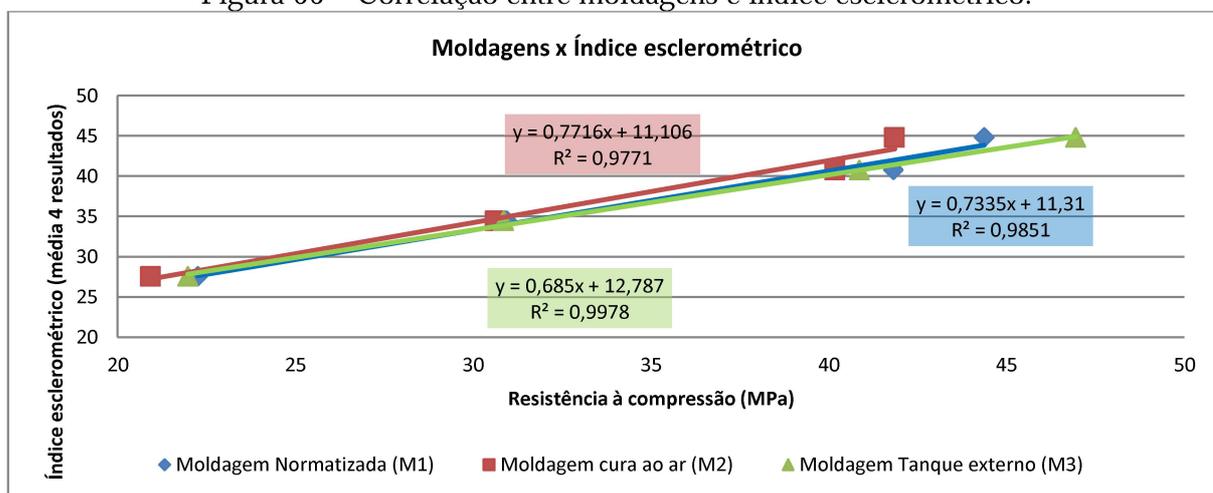


Figura 66 – Correlação entre moldagens e índice esclerométrico.



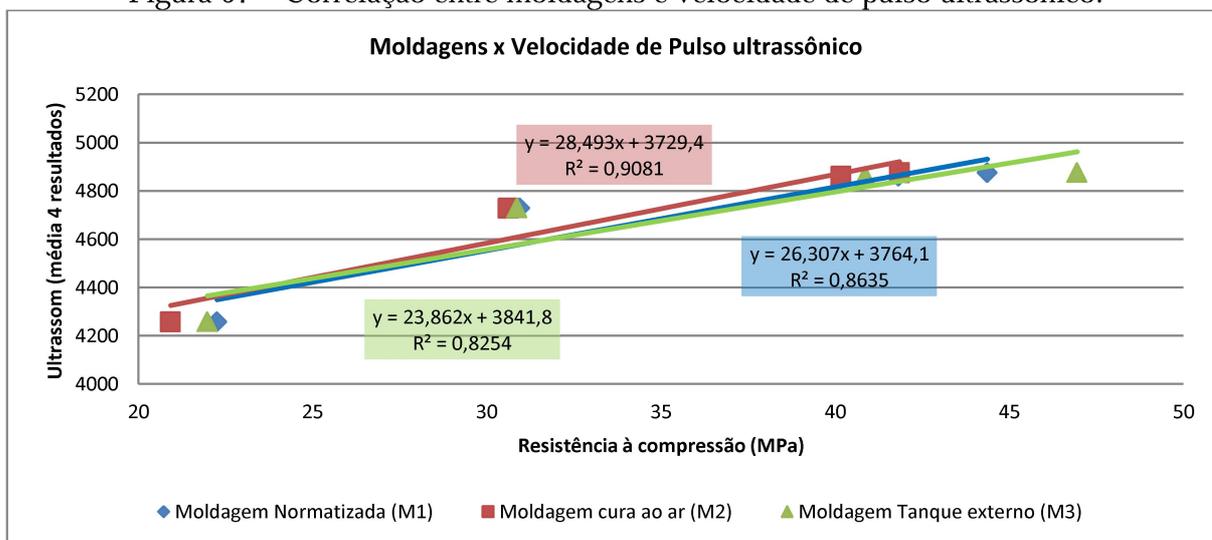
#### 4.4.2 Ultrassom

Conforme já citado, o ensaio de ultrassom se deu através dos métodos semi-direto e indireto, sendo que o resultado dos testes encontram-se no APÊNDICE E.

Todos os ensaios realizados obtiveram velocidade de pulso ultrassônico acima de 4500m/s, indicando se tratar de concretos de qualidade excelente, à exceção o lote 01 - fck 20 cujos resultados caracterizaram concreto de boa qualidade. Esta avaliação está de acordo com a recomendação de classificação da NBR 8802 (2013).

Também se buscando analisar a confiabilidade dos resultados de ultrassom e a possibilidade de sua utilização como parâmetro redutor do número de extrações, um gráfico de correlação com corpos de prova moldados foi idealizado. Neste sentido, a Figura 67 demonstra a correlação deste ensaio com a resistência dos corpos de prova, indicando, mais uma vez, resultados que corroboram a eficácia do ensaio.

Figura 67 – Correlação entre moldagens e velocidade de pulso ultrassônico.



## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O experimento idealizado e praticado neste trabalho mostrou entre várias características, alguns pontos que podem interferir nos parâmetros estudados. A qualidade da extração e analogamente seu respectivo testemunho, dependerá de muitos fatores, porém as principais condicionantes são a experiência do operador do equipamento, da qualidade do equipamento de extração empregado e do cuidado na preparação das faces dos testemunhos. É concluído então que a autenticidade dos resultados depende muito da mão de obra empregada, tanto nas operações de extração, como na de preparação de amostras e rompimento. Também se conclui que as condições de umidade das amostras são imprescindíveis para a correta análise dos resultados, ou seja, em condição ambiente (laboratorial) por 48 a 72 horas ou em condição saturada (vide corpos de prova normativos).

A calibração dos equipamentos para um estudo experimental deste tipo também é imperiosa, desde paquímetros para verificação da relação  $h/d$  (fixada neste trabalho em 2,0), até prensa hidráulica para rompimento nas velocidades de carga normativas (para cada diâmetro deve ser ajustada a velocidade de carga para que sua correspondência em tensão seja pariforme com seus semelhantes de outros diâmetros).

### 5.1 CONCLUSÕES

De modo geral, as distribuições dos resultados de cada série de corpos de prova moldados e testemunhos extraídos mostraram-se propícias, haja vista apenas três valores, dentro de quarenta e quatro séries, totalizando 365 amostras analisadas, terem necessitado exclusão.

Este trabalho permitiu estabelecer as conclusões apresentadas a seguir:

- Comparando-se com corpos de prova moldados, curados e rompidos de forma normativa, os valores médios das relações  $R_{(M/E)}$  para os testemunhos extraídos de 100 e 75 mm foi de 1,09 e 1,11, ou seja, uma redução respectiva de 9% e 11% da resistência à compressão. Estes valores são próximos aos coeficientes  $k_2$  da NBR 7680 (2015) de 0,06 (6%) e 0,09 (9%) para diâmetros de 100 e 75 mm respectivamente.
- Nas extrações de 50 mm foi constatada maior oscilação nos resultados, ora tendendo para resultados de  $R_{(M/E)}$  superiores a 1,0, ora para menores, porém com uma

tendência de resultados próximos aos moldados em fcks médios (20 a 40). Nesta faixa de fcks médios, a relação  $R_{(M/E)}$  encontrada foi de 1,03, ou seja, aproximadamente 3% de redução da resistência, valor distante de 0,12 (12%) do coeficiente  $k_2$  da NBR 7680 (2015), porém condizente com os 4% encontrados no trabalho de Vieira Filho (2007).

- Para extrações de 25 mm, encontram-se sempre valores acima de corpos de prova moldados, gerando uma média geral de  $R_{(M/E)}$  de 0,80, ou seja, resultados destes testemunhos com resistência aproximadamente 20% superior aos corpos de prova moldados.
- Constatada uma tendência de redução na diferença entre corpos de prova e testemunhos com o aumento da classe de resistência, tendência esta de acordo com a expectativa de que concretos mais resistentes sofrem menor dano decorrente do processo de extração.
- Testemunhos de 100 mm e 75 mm podem ser utilizados com grande confiabilidade em todas as classes de resistência, ao passo que os de 50 mm são mais fidedignos nos fcks médios (20 a 40). Já testemunhos de 25 mm devem ser utilizados com cautela, haja vista gerarem resultados significativamente superiores aos corpos de prova moldados.
- Comparando-se extrações paralelas e ortogonais à concretagem foram constatados em 75% dos casos analisados resultados que as extrações realizadas na direção ortogonal foram inferiores às suas respectivas paralelas à direção de lançamento do concreto. A redução média de resistência das extrações ortogonais em relação às paralelas foi de 7,4%, valor próximo de 0,05 (5%) do coeficiente  $k_3$  da NBR 7680 (2015) e também das referencias: Concrete Society (1976), Meininger (1977), Neville (1982), BS 1881 (1983) e Cánovas (1988).
- Considerando os diâmetros de 100 mm e 75 mm, a  $R_{(M/E)}$  média das extrações paralelas foi de 1,06, ao passo que na ortogonal foi 1,14. Já no diâmetro de 50mm nos fcks médios (20 a 40), a  $R_{(M/E)}$  das extrações paralelas foi de 1,00 ao passo que a ortogonal foi 1,05. Em relação ao diâmetro de 25 mm, a  $R_{(M/E)}$  média das extrações paralelas foi de 0,78 contra 0,82 na ortogonal. As conclusões extraídas destes resultados apontam para a redução da resistência do testemunho quando extraído ortogonalmente à concretagem. Este fato torna-se mais relevante quando se compreende que a grande maioria de extrações necessárias *in loco*, são feitas na direção ortogonal, por se tratarem de pilares e vigas.

- Nos gráficos de correlação elaborados para analisar a direção de lançamento, foram constatados ótimos índices de regressão linear tanto entre os testemunhos e os corpos de prova, quanto nos testemunhos entre si.
- Também foi constatado que houve grande semelhança entre os corpos de prova moldados e submetidos às diferentes condições de cura. As maiores diferenças foram encontradas no fck 45 e também no comparativo entre cura normatizada e ao ar do fck 20.
- Os ensaios complementares de esclerometria conduzidos nos blocos de concreto são coerentes com os resultados de resistência à compressão dos corpos de prova moldados, tanto na análise múltipla de médias quanto no gráfico de correlação elaborado. Este fato trouxe a confirmação de que este ensaio complementar pode e deve ser efetuado em situações de campo, tanto para reduzir a quantidade de extrações de forma comparativa, quanto para aumentar a assertividade da escolha dos locais de extração.
- A verificação da qualidade dos concretos ensaiados através do ensaio de ultrassom, também se mostrou uma ótima alternativa como análise complementar. Na análise do gráfico de correlação entre a resistência dos corpos de prova moldados e a velocidade de ultrassom nos blocos, também foram encontradas boas correlações. Com esta análise é possível extrair as mesmas conclusões obtidas com o ensaio de esclerometria.

## 5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Dada a importância do tema já exposta, alguns estudos podem ser elaborados de modo a refinar os resultados deste e de outros trabalhos.

- Repetição deste estudo, reduzindo-se a  $D_{máx}$ , de 19 mm para 9,5 mm, correlacionando o resultado encontrado com os presentes neste experimento;
- Prosseguimento deste trabalho apenas com classes de resistência mais elevadas (50, 60, 70 e 80), verificando a influência destas nos diâmetros e direções de extração;
- Investigação comparativa entre testemunhos de 25 mm em concreto e argamassa. Estudo objetivando quantificar a influência do agregado graúdo em testemunhos de dimensões inferiores às permitidas na NBR 7680 (2015);

- Investigação da redução da resistência em concretos de diferentes classes de resistência, submetidos à carga de longa duração. Estudo a ser realizado através de extração de testemunhos, analisando o Efeito Rüsçh.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5738*: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro. 2015. 9p.

\_\_\_\_\_. *NBR NM 45*: Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro. 2006. 8p.

\_\_\_\_\_. *NBR NM 47*: Concreto – Determinação do teor de ar em concreto fresco – Método pressométrico. Rio de Janeiro. 2002. 23p.

\_\_\_\_\_. *NBR NM 52*: Agregado Miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro. 2009. 6p.

\_\_\_\_\_. *NBR NM 53*: Agregado Graúdo – Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro. 2009. 8p.

\_\_\_\_\_. *NBR NM 67*: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro. 1998. 8p.

\_\_\_\_\_. *NBR NM 248*: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro. 2003. 6p.

\_\_\_\_\_. *NBR 5736*: Cimento Portland pozolânico. Rio de Janeiro. 1991. 5p.

\_\_\_\_\_. *NBR 5738*: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro. 2015. 9p.

\_\_\_\_\_. *NBR 5739*: Concreto - Ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro. 2007. 9p.

\_\_\_\_\_. *NBR 6118*: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro. 2014. 238p.

\_\_\_\_\_. *NBR 7211*: Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro. 2009. 9p.

\_\_\_\_\_. *NBR 7212*: Execução de concreto dosado em central - Procedimento. Rio de Janeiro. 2012. 16p.

\_\_\_\_\_. *NBR 7584*: Concreto endurecido – Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão – Método de ensaio. Rio de Janeiro. 2013. 10p.

\_\_\_\_\_. *NBR 7680*: Concreto – Extração, preparo e ensaio de testemunhos de concreto. Rio de Janeiro. 1983. 8p.

\_\_\_\_\_. *NBR 7680*: Extração, preparo e ensaio de testemunhos de concreto. Rio de Janeiro. 2007. 12p.

\_\_\_\_\_. *NBR 7680-1*: Concreto – Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto. Parte 1: Resistência à compressão axial. Rio de Janeiro. 2015. 24p.

\_\_\_\_\_. *NBR 8802*: Concreto endurecido – Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica. Rio de Janeiro. 2013. 8p.

\_\_\_\_\_. *NBR 8953*: Concreto para fins estruturais – Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro. 2015. 3p.

\_\_\_\_\_. *NBR 9479*: Argamassa e concreto – Câmaras úmidas e tanques para cura de corpos de prova. Rio de Janeiro. 2006. 2p.

\_\_\_\_\_. *NBR 9778*: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro. 2005. 4p.

\_\_\_\_\_. *NBR 12655*: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento. Rio de Janeiro. 2015. 23p.

ALMEIDA, J. M. A.; SILVA, B. V.; DÉsir, J. M. Resistência à compressão simples de concretos através da extração de testemunhos com pequenas dimensões. In: 56 CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO 56CBC2014, 2014, Natal. *Anais...* 56 Congresso Brasileiro do Concreto. Natal. IBRACON. 2014.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. *Guide for obtaining cores and Interpreting Compressive Strength Results*. ACI- Committee 214, 2011.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. *Building Code Requirements for Structural Concrete*. ACI - 318, 2014.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. *Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed beams of Concrete*: ASTM C 42-13, United States, 2013.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. *Standard Practice for Dealing With Outlying Observations*. ASTM E178-08, United States, 2008.

ANDRADE, C.; D'ANDREA, R.. La resistividad eléctrica como parâmetro de control del hormigón y de su durabilidad. *Revista ALCONPAT*, v.1, n.2, p. 93-101, 2011

ARAÚJO, J. M.. *A Resistência à Compressão e Critérios de Ruptura para o Concreto*. Rio Grande, n.1, 26p, 2001.

ARIÖZ, Ö. TUNCAN, M.; RAMYAR, K.; TUNCAN, A. A comparative study on the interpretation of concrete core strength results. *Magazine of Concrete Research*, v. 58, n. 2, p. 117-122, 2006

BARTLETT, F. M.; MACGREGOR, J. G. Effect of core diameter on concrete core strengths. *ACI Mater*, v.91, n.5, p. 460-470, 1994.

BARTLETT, F. M.; MACGREGOR, J. G. Effect of core length-to-diameter ratio on concrete core strengths. *ACI Mater*, v.91, n.5, p. 339-348, 1994.

BARTLETT, F. M.; MACGREGOR, J. G. Effect of moisture condition on concrete core strengths, *ACI Mater*, v. 91, n.3, p. 227-236, 1993.

BARTLETT, F. M. Precision of in-place concrete strengths predicted using core strength correction factors obtained by weighed regression analysis, *Struc. Saf*, v.19, n.4, p.397-410, 1997.

BARTLETT, F. M.; MACGREGOR, J. G. Cores from high-performance concrete beams, *ACI Mater*, v.91, n.6, p.567-576, 1994.

BELLANDER, U. Concrete strength in finished structures: destructive methods, relationships and reasonable criteria. In: *RILEM QUALITY OF CONCRETE STRUCTURES*, Estocolmo, Anais. 1979.

BS 1881:1983. *Testing concrete. Part 120: Method for Determination of the Compressive Strength of Concrete Cores*. London, 1983.

BS EN 12504-1:2009. *Testing concrete in structures. Part 1: Cored specimens – Taking, examining and testing in compression*. London, 2009.

BUNGEY, J. H.. Determining concrete strength by using small diameter cores. *Magazine of concrete Research*, v. 31, n.107, p. 91-98, 1979.

BUNGEY, J. H.; MILLARD, S. *Testing of concrete in structures*. 3. ed. London: Blackie Academic & Professional, 1996.

BUNGEY, J. H.; MILLARD, S. G.; GRANTHAM, M. G. *Testing of Concrete in Structures*. 4. ed. Londres, Taylor & Francis, 2006. 339 p.

CASTRO, E. *Estudo da resistência à compressão do concreto por meio de testemunhos de pequeno diâmetro e esclerometria*. 2009. 122 f. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia. 2009.

CHEVVA, K.; SHIRKE, J. M.; GHOSH, N. Assessment of concrete quality using non-destructive techniques, Ghatghar project. *Bull Eng Geol Environ*, v. 67, p. 65-70, 2008.

COURLAND, R. *CONCRETE PLANET: The Strange and Fascinating Story of the World's Most Common Man-Made Material*. New York: Prometheus Books, 2011, 396p.

COUTO, D.; CARVALHO, M.; CINTRA, A.; HELENE, P. Estruturas de concreto. Contribuição à análise da segurança em estruturas existentes. *Revista Ibracon de Estruturas e Materiais*. n.3. 2015.

CREMONINI, R. A. *Análise de estruturas acabadas: Contribuição para determinação da relação entre as resistências potencial e efetiva do concreto*. 1994. 195f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 1994.

CSTR 11 Concrete Society Technical Report N°11 “Concrete core testing for strength, 1977

ERGÜN, A.; KÜRKLÜ, G. Assessing the Relationship between the Compressive Strength of Concrete Cores and Molded Specimens. *Gazi University Journal of Science*, v. 25, p. 737-750, 2012.

ESCOBAR, C. J.; CRUZ, D. A.; FABRO, G. Avaliação de desempenho do ensaio de esclerometria na determinação da resistência do concreto endurecido. In: 50 CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO 50CBC2008, 2008, Salvador. *Anais...* 50 Congresso Brasileiro do Concreto. Salvador. IBRACON. 2008.

EVANGELISTA, A. C. J. Avaliação da Resistência do Concreto usando diferentes Ensaios Não Destrutivos. 2002. 239 f. Tese. (Doutorado em Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2002.

FARIAS, L. H. M. S. *Estudo laboratorial sobre os danos causados pelo broqueamento e retificação em corpos de prova testemunhos*. 2006. 105 f. Dissertação. Universidade Federal de Pernambuco. Recife. 2006.

FIORE, A.; PORCO, F.; UVA, G.; MEZZINA, M.. On the dispersion of data collected by in situ diagnostic of the existing concrete. *Construction and Building Materials*, v. 47, p. 208-217, 2013.

GUTSCHOW, C. A. *Avaliação da resistência do concreto em estruturas acabadas através da extração e ensaio de testemunhos de pequenos diâmetros*. 1995. 146 f. Dissertação. (Mestrado em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 1995.

HAQUE, M. N.; GOPALAN, M. K. Estimation of in-situ strength of concrete. *Cement and Concrete Research*, v. 21, p. 1103-1110, 1991.

HELENE, P. R. L. Análise da Resistência à Compressão do Concreto em Estruturas Acabadas com Vistas à Revisão da Segurança. *Revista ALCONPAT* n.1. 2011.

HELENE, P. R. L.; TERZIAN, P. Manual de Dosagem e Controle do Concreto. 1 ed. São Paulo, Editora PINI, 1993. 349p.

HOPPE FILHO, J.; RHEINHEIMER, B.; KHOE, S.; ARTIGAS, L. V.; SABBAG, A. F.; MEDEIROS, M. H. F. Degradação do concreto de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) por ácido sulfúrico biogênico. *Revista ALCONPAT*, v. 4, p. 87-99, 2014.

INDELICATO, F. A statistical method for the assessment of concrete strength through microcores. *Materials and Structures*, v. 26, p. 261-267, 1993.

ISAIA, G. C. A Evolução do Concreto Estrutural. In: ISAIA, G. C. (Ed.). *CONCRETO: CIÊNCIA E TECNOLOGIA*. São Paulo: IBRACON, 2011. p. 1-55.

ISSA, A. M.; SACCOMONTO, M. J.. Strength Correlation of High Performance Concrete Using Different Sized Specimens. *Journal of ASTM International*, v.4, n.7, p. 1-12, 2007.

KASAY, Y.; MATUI, I.. Studies on concrete strength of structure in Japan. In: *Symposium on Quality control of Concrete Structures*, Stockholm, p. 89-96, 1979.

KHOURY, S.; ALIABDO, A. A.; GHAZY, A. Reliability of core test – Critical assessment and proposed new approach. *Alexandria engineering Journal*, v.53, p 169-184, 2013.

LEWANDOWSKI, R. *Vergleik Von Bauweikfestigkeiten und guterprufugen*. Betonstein Zeitung. n. 8. 1981.

LÜBECK, A.; GASTALDINI, A. L. G.; BARIN, D. S.; SIQUEIRA, H. C.. Compressive strength and electrical properties of concrete with white Portland cement and blast-furnace slag. *Cement & Concrete Composites*, v. 34, p. 392-399, 2012.

MALHOTRA, V. M. Testing hardned concrete: non-destructive methods. *American Concrete Institute*, v. 74, n. 4, p. 163-172, 1968.

MASI, A.; CHIAUZZI, L.. An experimental study on the within-member variability of in situ concrete strength in RC building structures. *Construction and Building Materials*, v. 47, p. 951-961, 2013.

MEDEIROS, M. H. F.; GOBBI, A.; RÉUS, G. C.; HELENE, P. R. L. Reinforced concrete in marine environment: Effect of wetting and drying cycles, height and positioning in relation to the sea shore. *Construction and Building Materials*, v. 4, p. 87-99, 2014. (A)

MEDEIROS, M. H. F.; JORMANN, A. C. M.; OLIVEIRA, I. C.; FERREIRA, A.; FRÉZ, J. C. Influência da montagem de testemunhos nos resultados de resistência à compressão do concreto. *Concreto e Construção*, v. 73, p. 42-48, 2014. (B)

MEDEIROS JUNIOR, R. A.; LIMA, M. G.; MEDEIROS, M. H. F.; REAL, L. V.. Investigação da resistência à compressão e da resistividade elétrica de concretos com diferentes tipos de cimento. *Revista ALCONPAT*, v.4, n.2, p. 116-132, 2014.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P.J.M. *Concreto: microestrutura, propriedades e materiais*. 2. ed. São Paulo: Nicole Pagan Hasparyk/IBRACON, 2014, 751p.

MEININGER, R. C.; WAGNER, F. T.; HALL, K. W.. Concrete Core Strength – The Effect of Length to Diameter Ratio. *Journal of Testing and Evaluation*, v.5, n.3, p. 147-153, 1977.

MENDONÇA FILHO, F. F.; MIRA, M.; SILVA JUNIOR, J. Z. R. A influência do ensaio não-destrutivo de ultra-som na avaliação das propriedades de concretos estruturais. In: 53 CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO 53CBC2011, 2011, Natal. *Anais... 53 Congresso Brasileiro do Concreto*. Florianópolis. IBRACON. 2011.

MIKULIC, D.; PAUSE, Z.; UKRAINCIK, V. Determination of concrete quality in a structure by combination of destructive and non-destructive methods. *Materials and Structures*, v. 25, p. 65-69, 1992.

MOREIRA, B. P.; GUIMARAES, A. T. C.; RECENA, F. A. P. Metodologia da extração de testemunhos de concreto armado para avaliação da resistência à compressão simples em estruturas existentes. In: 44 CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO 44CBC2003, 2003, Belo Horizonte. *Anais...44 Congresso Brasileiro do Concreto*. Belo Horizonte. IBRACON. 2003.

MUNDAY, J. G. L.; DHIR, R. K.. Assessment of in situ concrete quality by core testing. In. *American Concrete Institute , In situ nondestructive testing concrete*. Detroit, 1984.

MURDOCK, J. W.; KELSER, C. E.; Effect of length to diameter ratio of specimen on the apparent compressive strength of concrete. *ASTM-Buletin*, p. 68-73, 1957.

NEVILLE, A. Easy to perform, not easy to interpret. *Concrete international*, v. 56, n. 11, p. 59-68, nov. 2001.

NEVILLE, A.M. Properties of Concrete. Fourth and final edition, Prentice hall, London, 2008, 269-592.

NEVILLE, A. M. Propriedades do concreto. Trad. Sob a direção de Salvador E. Giammusso. São Paulo, PINI, 1982.

NEVILLE, A. M. Propriedades do concreto. 2ª ed. Trad. Sob a direção de Salvador E. Giammusso. São Paulo, PINI, 1997.

PACHECO, J.; HELENE, P. Controle da resistência do concreto. *BOLETÍN TÉCNICO, ALCONPAT*. 18p, v. 9, 2013.

PEREIRA, E.; MEDEIROS, M. H. F. Ensaio de “Pull Off” para avaliar a resistência à compressão do concreto: uma alternativa aos ensaios normalizados no Brasil. *Revista Ibracon de Estruturas e Materiais*, v. 5, n. 6, p. 757 – 780, 2012.

PETERSONS, N. Should standard cube test specimens be replaced by test specimens taken from structures. *Materials and Structural*, v.1, n.5, p. 425-435, 1968.

PETRUCCI, E. G. R.. *Determinação da resistência dos concretos pelo método de dureza*. Porto Alegre, 1956.

PFISTER, V.; TUNDO, A.; LUPRANO, V. A. M. Evaluation of concrete strength by means of ultrasonic waves: A method for the selection of coring position. *Construction and Building Materials*. v. 61, p. 278-284, 2014.

PINHEIRO, L. M.; MUZARDO, C. D.; SANTOS, S. P.. Estruturas de Concreto. In: \_\_\_\_\_. *Características do Concreto*. São Paulo. 2010.

PUCINOTTI, R. Assessment of in situ characteristic concrete strength. *Construction and Building Materials*, v. 44, p. 63-73, 2013.

RIBEIRO, J. L. D.; CATEN, C. T. Estatística Industrial. Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

RÜSCH, H. Hormigón armado y hormigón pretensado. Barcelona: Ed. Continental s/a, 1975. 417p.

SILVA FILHO, J. C. P.; HELENE, P. R. L. Análise de Estruturas de Concreto com Problemas de Resistência. In: ISAIA, G. C. (Ed.) *Concreto: Ciência e Tecnologia*. São Paulo: IBRACON, 2011. p. 1129-1174.

SOLANKI, P.; ZAMAN, M. M.; CHIN, M. A Comparative Study of the Mechanical Behavior of Normal-Strength and High-Strength Concrete. *Advances in Civil Engineering Materials*, v. 1, n. 1, p. 1-20, 2012

TAY, D. C. K.; TAM, C. T. In situ investigation of the strength of deteriorated concrete. *Construction and Building Materials*, v.10, n.1, p 17-26, 1996.

THE CONCRETE SOCIETY. "Concrete core testing for strength", Technical Report, n. 11, London, 1976.

TUNCAN, M.; ARIÖZ, O.; RAMYAR, K.; KASARU, B. Assessing concrete strength by means of small diameter cores. *Construction and Building Materials*, Turkey, v.22, p. 981-988, 2008.

TOBIO, J. M.. Resistencia del hormigón em estructuras terminadas. *Informes de la Construcción del Instituto Eduardo Torroja*. Madrid, n. 203, p. 57-74, 1968.

UVA, G.; PORCO, F.; FIORE, A.; MEZZINA, M.. Proposal of a methodology for assessing the reliability of in situ concrete tests and improving the estimate of compressive strength. *Construction and Building Materials*. v. 38, p. 72-83, 2013.

VIEIRA FILHO, J. O. *Avaliação da resistência à compressão do concreto através de testemunhos extraídos: Contribuição à estimativa do coeficiente de correção devido aos efeitos do broqueamento*. 2007. 434f. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2007.

YI, S. T.; YANG, E. I.; CHOI, J. C. Effect of specimen sizes, specimen shapes, and placement directions on compressive strength of concrete. *Nuclear Engineering and Design*, v. 236, p. 115-127, 2005.

**APÊNDICE A – VERIFICAÇÃO DOS VALORES DICRESPANTES**

Tabela A.1 – Teste nº1 – Evento 01 – Moldado cura normativa.

Eliminação de valores discrepantes (ASTM E178-08)					
Evento de concretagem 1 (fck 20)			Moldado	Cura Normativa (Tanque NBR 5738) (M1)	
n	fc,n (MPa)	fc,n (MPa) decres	fc,n (MPa) cresc	Amostragem	Média
1	21,64	24,73	20,66	10	22,25
2	23,48	23,48	21,06	Coefficiente de variação V (%)	Desvio padrão s (MPa)
3	21,06	22,72	21,61	5,39%	1,199894455
4	24,73	22,55	21,64	Nível de significância de 1%	
5	21,61	22,32	21,77	T10	2,06
6	22,55	21,77	22,32		
7	22,72	21,64	22,55	T1	1,33
8	22,32	21,61	22,72		
9	20,66	21,06	23,48	T1% - 10 corpos de prova	2,482
10	21,77	20,66	24,73		

Conclusão: Nenhum valor necessita ser eliminado

Tabela A.2 – Teste nº2 – Evento 01 – Moldado cura ao ar.

Eliminação de valores discrepantes (ASTM E178-08)					
Evento de concretagem 1 (fck 20)			Moldado	Cura ao ar (M2)	
n	fc,n (MPa)	fc,n (MPa) decres	fc,n (MPa) cresc	Amostragem	Média
1	19,41	22,60	18,46	10	20,92
2	21,35	21,80	19,41	Coefficiente de variação V (%)	Desvio padrão s (MPa)
3	21,31	21,61	19,62	6,21%	1,299608993
4	21,59	21,59	21,31	Nível de significância de 1%	
5	21,51	21,51	21,35	T10	1,29
6	18,46	21,35	21,51		
7	19,62	21,31	21,59	T1	1,90
8	21,61	19,62	21,61		
9	21,80	19,41	21,80	T1% - 10 corpos de prova	2,482
10	22,60	18,46	22,60		

Conclusão: Nenhum valor necessita ser eliminado

Tabela A.3 – Teste nº3 – Evento 01 – Moldado cura tanque externo.

Eliminação de valores discrepantes (ASTM E178-08)					
Evento de concretagem 1 (fck 20)			Moldado	Cura Tanque externo (M3)	
n	fc,n (MPa)	fc,n (MPa) decres	fc,n (MPa) cresc	Amostragem	Média
1	23,66	24,80	17,85	10	21,98
2	22,21	23,66	21,27	Coefficiente de variação V (%)	Desvio padrão s (MPa)
3	21,92	22,48	21,39	8,20%	1,801985128
4	21,39	22,36	21,84	Nível de significância de 1%	
5	21,84	22,21	21,92	T10	1,57
6	22,36	21,92	22,21		
7	22,48	21,84	22,36	T1	2,29
8	17,85	21,39	22,48		
9	21,27	21,27	23,66	T1% - 10 corpos de prova	2,482
10	24,80	17,85	24,80		

Conclusão: Nenhum valor necessita ser eliminado

Tabela A.4 – Teste nº4 – Evento 01 – Extraído 100mm – Paralelo ao lançamento.

Eliminação de valores discrepantes (ASTM E178-08)					
Evento de concretagem 1 (fck 20)			Extraído	Diâmetro 100mm - Direção do lançamento (E1)	
n	fc,n (MPa)	fc,n (MPa) decres	fc,n (MPa) cresc	Amostragem	Média
1	19,80	21,73	18,36	10	20,35
2	20,46	21,05	19,80	Coefficiente de variação V (%)	Desvio padrão s (MPa)
3	20,57	20,69	20,13	4,31%	0,877966638
4	20,54	20,57	20,17	Nível de significância de 1%	
5	20,17	20,54	20,46	T10	1,57
6	21,05	20,46	20,54		
7	20,13	20,17	20,57	T1	2,26
8	20,69	20,13	20,69		
9	18,36	19,80	21,05	T1% - 10 testemunhos	2,482
10	21,73	18,36	21,73		

Conclusão: Nenhum valor necessita ser eliminado

Tabela A.5 – Teste nº5 – Evento 01 – Extraído 75mm – Paralelo de lançamento.

Eliminação de valores discrepantes (ASTM E178-08)					
Evento de concretagem 1 (fck 20)			Extraído	Diâmetro 75mm - Direção do lançamento (E1)	
n	fc,n (MPa)	fc,n (MPa) decres	fc,n (MPa) cresc	Amostragem	Média
1	20,73	24,42	18,72	10	20,55
2	19,74	21,88	18,88	Coefficiente de variação V (%)	Desvio padrão s (MPa)
3	18,72	21,11	19,04	8,32%	1,708989101
4	19,04	20,73	19,74	Nível de significância de 1%	
5	24,42	20,68	20,27	T10	2,27
6	20,68	20,27	20,68		
7	21,88	19,74	20,73	T1	1,07
8	20,27	19,04	21,11		
9	21,11	18,88	21,88	T1% - 10 testemunhos	2,482
0	18,88	18,72	24,42		

Conclusão: Nenhum valor necessita ser eliminado

Tabela A.7 – Teste nº7 – Evento 01 – Extraído 25mm – Paralelo de lançamento.

Eliminação de valores discrepantes (ASTM E178-08)					
Evento de concretagem 1 (fck 20)			Extraído	Diâmetro 25mm - Direção do lançamento (E1)	
n	fc,n (MPa)	fc,n (MPa) decres	fc,n (MPa) cresc	Amostragem	Média
1	27,46	37,54	25,60	11	30,31
2	32,59	35,00	25,77	Coefficiente de variação V (%)	Desvio padrão s (MPa)
3	29,02	32,93	25,77	13,29%	4,029735647
4	29,87	32,59	27,46	Nível de significância de 1%	
5	25,77	31,91	29,02	T11	1,79
6	37,54	29,87	29,87		
7	25,77	29,02	31,91	T1	1,17
8	32,93	27,46	32,59		
9	25,60	25,77	32,93	T1% - 11 testemunhos	2,564
10	31,91	25,77	35,00		
11	35,00	25,60	37,54		

Conclusão: Nenhum valor necessita ser eliminado

Tabela A.6 – Teste nº6 – Evento 01 – Extraído 50mm – Paralelo de lançamento.

Eliminação de valores discrepantes (ASTM E178-08)					
Evento de concretagem 1 (fck 20)			Extraído	Diâmetro 50mm - Direção do lançamento (E1)	
n	fc,n (MPa)	fc,n (MPa) decres	fc,n (MPa) cresc	Amostragem	Média
1	23,79	23,79	17,67	10	20,92
2	19,03	22,87	18,07	Coefficiente de variação V (%)	Desvio padrão s (MPa)
3	20,49	22,76	19,03	10,00%	2,091564402
4	18,07	21,95	20,49	Nível de significância de 1%	
5	20,95	21,59	20,95	T10	1,38
6	17,67	20,95	21,59		
7	22,87	20,49	21,95	T1	1,55
8	21,95	19,03	22,76		
9	22,76	18,07	22,87	T1% - 10 testemunhos	2,482
10	21,59	17,67	23,79		

Conclusão: Nenhum valor necessita ser eliminado

Tabela A.8 – Teste nº8 – Evento 01 – Extraído 100mm – Ortogonal ao lançamento.

Eliminação de valores discrepantes (ASTM E178-08)					
Evento de concretagem 1 (fck 20)			Extraído	Diâmetro 100mm - Ortogonal ao lançamento (E2)	
n	fc,n (MPa)	fc,n (MPa) decres	fc,n (MPa) cresc	Amostragem	Média
1	14,96	21,57	14,96	5	18,03
2	18,26	19,45	15,94	Coefficiente de variação V (%)	Desvio padrão s (MPa)
3	21,57	18,26	18,26	14,79%	2,67
4	19,45	15,94	19,45	Nível de significância de 1%	
5	15,94	14,96	21,57	T5	1,33
				T1	1,15
				T1% - 5 testemunhos	1,764

Conclusão: Nenhum valor necessita ser eliminado

Tabela A.9 – Teste nº9 – Evento 01 – Extraído 75mm – Ortogonal ao lançamento.

Eliminação de valores discrepantes (ASTM E178-08)					
Evento de concretagem 1 (fck 20)			Extraído	Diâmetro 75mm - Ortogonal ao lançamento (E2)	
n	fc,n (MPa)	fc,n (MPa) decres	fc,n (MPa) cresc	Amostragem	Média
1	16,35	23,71	15,72	5	17,87
2	16,53	17,06	16,35	<b>Coefficiente de variação V (%)</b>	<b>Desvio padrões (MPa)</b>
3	17,06	16,53	16,53	18,44%	3,295341731
4	15,72	16,35	17,06	<b>Nível de significância de 1%</b>	
5	23,71	15,72	23,71	T5	1,77
				T1	0,65
				T1% - 5 testemunhos	1,764
<b>Conclusão: Maior valor deve ser eliminado</b>					

Tabela A.11 – Teste nº11 – Evento 01 – Extraído 25mm – Ortogonal ao lançamento.

Eliminação de valores discrepantes (ASTM E178-08)					
Evento de concretagem 1 (fck 20)			Extraído	Diâmetro 25mm - Ortogonal ao lançamento (E2)	
n	fc,n (MPa)	fc,n (MPa) decres	fc,n (MPa) cresc	Amostragem	Média
1	27,13	27,13	21,32	7	25,40
2	26,11	27,13	23,73	<b>Coefficiente de variação V (%)</b>	<b>Desvio padrões (MPa)</b>
3	26,79	26,79	25,60	8,48%	2,154316359
4	23,73	26,11	26,11	<b>Nível de significância de 1%</b>	
5	21,32	25,60	26,79	T7	0,80
6	25,60	23,73	27,13	T1	1,89
7	27,13	21,32	27,13	T1% - 7 testemunhos	2,139
<b>Conclusão: Nenhum valor necessita ser eliminado</b>					

Tabela A.10 – Teste nº10 – Evento 01 – Extraído 50mm – Ortogonal ao lançamento.

Eliminação de valores discrepantes (ASTM E178-08)					
Evento de concretagem 1 (fck 20)			Extraído	Diâmetro 50mm - Ortogonal ao lançamento (E2)	
n	fc,n (MPa)	fc,n (MPa) decres	fc,n (MPa) cresc	Amostragem	Média
1	14,09	24,44	13,80	6	18,89
2	13,80	22,19	14,09	<b>Coefficiente de variação V (%)</b>	<b>Desvio padrões (MPa)</b>
3	20,81	20,81	18,00	23,09%	4,361416624
4	24,44	18,00	20,81	<b>Nível de significância de 1%</b>	
5	22,19	14,09	22,19	T6	1,27
6	18,00	13,80	24,44	T1	1,17
				T1% - 6 testemunhos	1,973
<b>Conclusão: Nenhum valor necessita ser eliminado</b>					

Tabela A.12 – Teste nº12 – Evento 02 – Moldado cura normativa.

Eliminação de valores discrepantes (ASTM E178-08)					
Evento de concretagem 2 (fck 30)			Moldado	Cura Normativa (Tanque NBR 5738) (M1)	
n	fc,n (MPa)	fc,n (MPa) decres	fc,n (MPa) cresc	Amostragem	Média
1	32,99	33,55	27,94	10	30,95
2	29,07	32,99	28,97	<b>Coefficiente de variação V (%)</b>	<b>Desvio padrões (MPa)</b>
3	29,35	32,79	29,07	6,44%	1,993268334
4	33,55	32,46	29,35	<b>Nível de significância de 1%</b>	
5	31,09	31,27	31,09	T10	1,31
6	28,97	31,09	31,27		
7	27,94	29,35	32,46	T1	1,51
8	32,79	29,07	32,79		
9	31,27	28,97	32,99		
10	32,46	27,94	33,55	T1% - 10 corpos de prova	2,482
<b>Conclusão: Nenhum valor necessita ser eliminado</b>					

Tabela A.13 – Teste nº13 – Evento 02 –  
Moldado cura ao ar.

Eliminação de valores discrepantes (ASTM E178-08)					
Evento de concretagem 2 (fck 30)			Moldado	Cura ao ar (M2)	
n	f <sub>c,n</sub> (MPa)	f <sub>c,n</sub> (MPa) decres	f <sub>c,n</sub> (MPa) cresc	Amostragem	Média
1	30,67	32,04	25,08	10	30,07
2	29,43	31,99	29,29	Coefficiente de variação V (%)	Desvio padrão s (MPa)
3	31,23	31,23	29,43	6,66%	2,001594272
4	29,29	31,00	29,96	Nível de significância de 1%	
5	31,99	30,67	29,98	T10	0,98
6	31,00	29,98	30,67		
7	29,98	29,96	31,00	T1	2,49
8	25,08	29,43	31,23		
9	32,04	29,29	31,99	T1% - 10 corpos de prova	2,482
10	29,96	25,08	32,04		

Conclusão: Menor valor deve ser eliminado

Tabela A.14 – Teste nº14 – Evento 02 –  
Moldado cura tanque externo.

Eliminação de valores discrepantes (ASTM E178-08)					
Evento de concretagem 2 (fck 30)			Moldado	Cura Tanque externo (M3)	
n	f <sub>c,n</sub> (MPa)	f <sub>c,n</sub> (MPa) decres	f <sub>c,n</sub> (MPa) cresc	Amostragem	Média
1	30,36	32,91	26,76	10	30,86
2	31,57	32,70	29,09	Coefficiente de variação V (%)	Desvio padrão s (MPa)
3	32,04	32,37	29,90	6,20%	1,912559777
4	30,95	32,04	30,36	Nível de significância de 1%	
5	32,37	31,57	30,95	T10	1,07
6	32,91	30,95	31,57		
7	29,90	30,36	32,04	T1	2,15
8	26,76	29,90	32,37		
9	29,09	29,09	32,70	T1% - 10 corpos de prova	2,482
10	32,70	26,76	32,91		

Conclusão: Nenhum valor necessita ser eliminado

Tabela A.15 – Teste nº15 – Evento 02 –  
Extraído 100mm – Paralelo ao lançamento.

Eliminação de valores discrepantes (ASTM E178-08)					
Evento de concretagem 2 (fck 30)			Extraído	Diâmetro 100mm - Direção do lançamento (E1)	
n	f <sub>c,n</sub> (MPa)	f <sub>c,n</sub> (MPa) decres	f <sub>c,n</sub> (MPa) cresc	Amostragem	Média
1	24,73	32,26	23,98	10	28,00
2	32,26	31,68	24,44	Coefficiente de variação V (%)	Desvio padrão s (MPa)
3	26,63	29,60	24,73	10,56%	2,955092639
4	28,51	29,54	26,63	Nível de significância de 1%	
5	23,98	28,61	28,51	T10	1,44
6	28,61	28,51	28,61		
7	24,44	26,63	29,54	T1	1,36
8	29,60	24,73	29,60		
9	31,68	24,44	31,68	T1% - 10 testemunhos	2,482
10	29,54	23,98	32,26		

Conclusão: Nenhum valor necessita ser eliminado

Tabela A.16 – Teste nº16 – Evento 02 –  
Extraído 75mm – Paralelo lançamento.

Eliminação de valores discrepantes (ASTM E178-08)					
Evento de concretagem 2 (fck 30)			Extraído	Diâmetro 75mm - Direção do lançamento (E1)	
n	f <sub>c,n</sub> (MPa)	f <sub>c,n</sub> (MPa) decres	f <sub>c,n</sub> (MPa) cresc	Amostragem	Média
1	26,76	33,63	23,91	10	28,98
2	23,91	33,45	26,00	Coefficiente de variação V (%)	Desvio padrão s (MPa)
3	28,97	31,99	26,04	11,47%	3,322538072
4	26,04	29,52	26,76	Nível de significância de 1%	
5	29,52	29,49	28,97	T10	1,40
6	29,49	28,97	29,49		
7	31,99	26,76	29,52	T1	1,52
8	26,00	26,04	31,99		
9	33,45	26,00	33,45	T1% - 10 testemunhos	2,482
10	33,63	23,91	33,63		

Conclusão: Nenhum valor necessita ser eliminado

Tabela A.17 – Teste nº17 – Evento 02 –  
Extraído 50mm – Paralelo ao lançamento.

Eliminação de valores discrepantes (ASTM E178-08)					
Evento de concretagem 2 (fck 30)			Extraído	Diâmetro 50mm - Direção do lançamento (E1)	
n	fc,n (MPa)	fc,n (MPa) decres	fc,n (MPa) cresc	Amostragem	Média
1	38,06	40,26	24,40	19	34,23
2	38,41	38,88	28,92		
3	29,74	38,41	29,74	Coeficiente de variação V (%)	Desvio padrão s (MPa)
4	37,88	38,06	30,55		
5	32,19	37,88	32,01	11,81%	4,040843146
6	35,11	37,06	32,19		
7	34,50	36,74	32,37	Nível de significância de 1%	
8	36,74	36,06	33,39		
9	38,88	35,11	33,86		
10	37,06	34,50	34,50		
11	40,26	33,86	35,11		
12	32,01	33,39	36,06		
13	33,86	32,37	36,74		
14	36,06	32,19	37,06		
15	33,39	32,01	37,88		
16	30,55	30,55	38,06		
17	24,40	29,74	38,41	T1% - 19 testemunhos	2,968
18	28,92	28,92	38,88		
19	32,37	24,40	40,26		

**Conclusão: Nenhum valor necessita ser eliminado**

Tabela A.18 – Teste nº18 – Evento 02 –  
Extraído 25mm – Paralelo ao lançamento.

Eliminação de valores discrepantes (ASTM E178-08)					
Evento de concretagem 2 (fck 30)			Extraído	Diâmetro 25mm - Direção do lançamento (E1)	
n	fc,n (MPa)	fc,n (MPa) decres	fc,n (MPa) cresc	Amostragem	Média
1	32,55	44,60	29,15	11	36,60
2	35,01	42,82	32,55	Coeficiente de variação V (%)	Desvio padrão s (MPa)
3	42,82	39,90	33,55		
4	36,79	38,74	33,87	Nível de significância de 1%	
5	39,90	36,79	35,01		
6	44,60	35,66	35,66		
7	33,87	35,01	36,79	T11	1,74
8	38,74	33,87	38,74	T1	1,63
9	33,55	33,55	39,90		
10	29,15	32,55	42,82	T1% - 11 testemunhos	2,564
11	35,66	29,15	44,60		
12	35,66	29,15	44,60		

**Conclusão: Nenhum valor necessita ser eliminado**

Tabela A.19 – Teste nº19 – Evento 02 –  
Extraído 100mm – Ortogonal ao lançamento.

Eliminação de valores discrepantes (ASTM E178-08)					
Evento de concretagem 2 (fck 30)			Extraído	Diâmetro 100mm - Ortogonal ao lançamento (E2)	
n	fc,n (MPa)	fc,n (MPa) decres	fc,n (MPa) cresc	Amostragem	Média
1	28,94	28,94	26,09	4	27,13
2	27,26	27,26	26,21	Coeficiente de variação V (%)	Desvio padrão s (MPa)
3	26,21	26,21	27,26		
4	26,09	26,09	28,94	Nível de significância de 1%	
				T4	1,37
				T1	0,78
				T1% - 4 testemunhos	1,496

**Conclusão: Nenhum valor necessita ser eliminado**

Tabela A.20 – Teste nº20 – Evento 02 –  
Extraído 75mm – Ortogonal ao lançamento.

Eliminação de valores discrepantes (ASTM E178-08)					
Evento de concretagem 2 (fck 30)			Extraído	Diâmetro 75mm - Ortogonal ao lançamento (E2)	
n	f <sub>c,n</sub> (MPa)	f <sub>c,n</sub> (MPa) decres	f <sub>c,n</sub> (MPa) cresc	Amostragem	Média
1	33,37	33,37	28,05	5	30,16
2	28,37	31,94	28,37	Coeficiente de variação V (%)	Desvio padrão s (MPa)
3	31,94	29,05	29,05		
4	29,05	28,37	31,94	Nível de significância de 1%	
5	28,05	28,05	33,37	T5	1,36
				T1	0,89
				T1% - 5 testemunhos	1,764
Conclusão: Nenhum valor necessita ser eliminado					

Tabela A.21 – Teste nº21 – Evento 02 –  
Extraído 50mm – Ortogonal ao lançamento.

Eliminação de valores discrepantes (ASTM E178-08)					
Evento de concretagem 2 (fck 30)			Extraído	Diâmetro 50mm - Ortogonal ao lançamento (E2)	
n	f <sub>c,n</sub> (MPa)	f <sub>c,n</sub> (MPa) decres	f <sub>c,n</sub> (MPa) cresc	Amostragem	Média
1	28,99	35,96	28,99	8	32,03
2	31,51	35,11	30,37	Coeficiente de variação V (%)	Desvio padrão s (MPa)
3	30,37	32,15	30,37		
4	35,11	31,76	31,51	Nível de significância de 1%	
5	32,15	31,51	31,76		
6	30,37	30,37	32,15	T8	1,64
7	35,96	30,37	35,11	T1	1,27
8	31,76	28,99	35,96	T1% - 8 testemunhos	2,274
Conclusão: Nenhum valor necessita ser eliminado					

Tabela A.22 – Teste nº22 – Evento 02 –  
Extraído 25mm – Ortogonal ao lançamento.

Eliminação de valores discrepantes (ASTM E178-08)					
Evento de concretagem 2 (fck 30)			Extraído	Diâmetro 25mm - Ortogonal ao lançamento (E2)	
n	f <sub>c,n</sub> (MPa)	f <sub>c,n</sub> (MPa) decres	f <sub>c,n</sub> (MPa) cresc	Amostragem	Média
1	29,15	41,03	29,15	9	35,55
2	39,41	39,74	30,12	Coeficiente de variação V (%)	Desvio padrão s (MPa)
3	38,41	39,41	32,55		
4	30,12	38,41	33,39	Nível de significância de 1%	
5	39,74	36,14	36,14		
6	32,55	33,39	38,41		
7	41,03	32,55	39,41	T9	1,24
8	36,14	30,12	39,74	T1	1,45
9	33,39	29,15	41,03	T1% - 9 testemunhos	2,387
Conclusão: Nenhum valor necessita ser eliminado					

Tabela A.23 – Teste nº23 – Evento 03 –  
Moldado cura normativa.

Eliminação de valores discrepantes (ASTM E178-08)					
Evento de concretagem 3 (fck 40)			Moldado	Cura Normativa (Tanque NBR 5738) (M1)	
n	f <sub>c,n</sub> (MPa)	f <sub>c,n</sub> (MPa) decres	f <sub>c,n</sub> (MPa) cresc	Amostragem	Média
1	44,49	45,25	39,50	8	41,82
2	39,65	44,49	39,57	Coeficiente de variação V (%)	Desvio padrão s (MPa)
3	39,59	44,39	39,59		
4	42,13	42,13	39,65	Nível de significância de 1%	
5	44,39	39,65	42,13		
6	39,50	39,59	44,39		
7	39,57	39,57	44,49	T8	1,34
8	45,25	39,50	45,25	T1	0,91
				T1% - 8 corpos de prova	2,274
Conclusão: Nenhum valor necessita ser eliminado					

Tabela A.24 – Teste nº24 – Evento 03 –  
Moldado cura ao ar.

Eliminação de valores discrepantes (ASTM E178-08)					
Evento de concretagem 3 (fck 40)			Moldado	Cura ao ar (M2)	
n	fc,n (MPa)	fc,n (MPa) decres	fc,n (MPa) cresc	Amostragem	Média
1	38,48	48,74	35,22	8	40,18
2	42,82	42,82	36,35	<b>Coefficiente de variação V (%)</b>	<b>Desvio padrões (MPa)</b>
3	36,35	41,92	38,22	10,71%	4,301462145
4	35,22	39,67	38,48	<b>Nível de significância de 1%</b>	
5	41,92	38,48	39,67	T8	1,99
6	48,74	38,22	41,92		
7	39,67	36,35	42,82	T1	1,15
8	38,22	35,22	48,74		
				T1% - 8 corpos de prova	2,274
<b>Conclusão: Nenhum valor necessita ser eliminado</b>					

Tabela A.26 – Teste nº26 – Evento 03 –  
Extraído 100mm – Paralelo ao lançamento.

Eliminação de valores discrepantes (ASTM E178-08)					
Evento de concretagem 3 (fck 40)			Extraído	Diâmetro 100mm - Direção do lançamento (E1)	
n	fc,n (MPa)	fc,n (MPa) decres	fc,n (MPa) cresc	Amostragem	Média
1	38,55	51,23	30,04	10	40,09
2	37,31	51,06	34,31	<b>Coefficiente de variação V (%)</b>	<b>Desvio padrões (MPa)</b>
3	34,31	49,55	35,39	19,03%	7,628501055
4	51,06	38,55	36,30	<b>Nível de significância de 1%</b>	
5	51,23	37,31	37,13	T10	1,46
6	35,39	37,13	37,31		
7	36,30	36,30	38,55	T1	1,32
8	37,13	35,39	49,55		
9	49,55	34,31	51,06	T1% - 10 testemunhos	2,482
10	30,04	30,04	51,23		
<b>Conclusão: Nenhum valor necessita ser eliminado</b>					

Tabela A.25 – Teste nº25 – Evento 03 –  
Moldado cura tanque externo.

Eliminação de valores discrepantes (ASTM E178-08)					
Evento de concretagem 3 (fck 40)			Moldado	Cura Tanque externo (M3)	
n	fc,n (MPa)	fc,n (MPa) decres	fc,n (MPa) cresc	Amostragem	Média
1	40,23	43,73	35,32	8	40,86
2	37,85	43,70	37,85	<b>Coefficiente de variação V (%)</b>	<b>Desvio padrões (MPa)</b>
3	43,73	42,46	40,23	7,22%	2,951415763
4	42,46	42,14	41,48	<b>Nível de significância de 1%</b>	
5	42,14	41,48	42,14	T8	0,97
6	43,70	40,23	42,46		
7	35,32	37,85	43,70	T1	1,88
8	41,48	35,32	43,73		
				T1% - 8 corpos de prova	2,274
<b>Conclusão: Nenhum valor necessita ser eliminado</b>					

Tabela A.27 – Teste nº27 – Evento 03 –  
Extraído 75mm – Paralelo ao lançamento.

Eliminação de valores discrepantes (ASTM E178-08)					
Evento de concretagem 3 (fck 40)			Extraído	Diâmetro 75mm - Direção do lançamento (E1)	
n	fc,n (MPa)	fc,n (MPa) decres	fc,n (MPa) cresc	Amostragem	Média
1	36,32	51,51	31,97	10	41,16
2	51,00	51,00	34,58	<b>Coefficiente de variação V (%)</b>	<b>Desvio padrões (MPa)</b>
3	41,82	45,00	36,32	15,95%	6,567489321
4	42,65	42,65	37,99	<b>Nível de significância de 1%</b>	
5	51,51	41,82	38,81	T10	1,58
6	37,99	38,81	41,82		
7	31,97	37,99	42,65	T1	1,40
8	45,00	36,32	45,00		
9	34,58	34,58	51,00	T1% - 10 testemunhos	2,482
10	38,81	31,97	51,51		
<b>Conclusão: Nenhum valor necessita ser eliminado</b>					

Tabela A.28 – Teste nº28 – Evento 03 –  
Extraído 50mm – Paralelo ao lançamento.

Eliminação de valores discrepantes (ASTM E178-08)					
Evento de concretagem 3 (fck 40)			Extraído	Diâmetro 50mm - Direção do lançamento (E1)	
n	fc,n (MPa)	fc,n (MPa) decres	fc,n (MPa) cresc	Amostragem	Média
1	40,26	42,57	38,91	6	40,20
2	38,91	40,30	39,12	Coefficiente de variação V (%)	Desvio padrão s (MPa)
3	39,12	40,26	40,04	3,24%	1,301811836
4	40,04	40,04	40,26	Nível de significância de 1%	
5	40,30	39,12	40,30	T6	1,82
6	42,57	38,91	42,57	T1	0,99
				T1% - 6 testemunhos	1,973
Conclusão: Nenhum valor necessita ser eliminado					

Tabela A.29 – Teste nº29 – Evento 03 –  
Extraído 25mm – Paralelo ao lançamento.

Eliminação de valores discrepantes (ASTM E178-08)					
Evento de concretagem 3 (fck 40)			Extraído	Diâmetro 25mm - Direção do lançamento (E1)	
n	fc,n (MPa)	fc,n (MPa) decres	fc,n (MPa) cresc	Amostragem	Média
1	55,67	55,67	46,57	11	50,56
2	52,11	54,54	47,38	Coefficiente de variação V (%)	Desvio padrão s (MPa)
3	47,38	52,92	47,70	6,12%	3,092747881
4	52,92	52,43	48,68	Nível de significância de 1%	
5	46,57	52,11	48,84		
6	48,68	49,33	49,33	T11	1,65
7	48,84	48,84	52,11		
8	49,33	48,68	52,43	T1	1,29
9	47,70	47,70	52,92		
10	54,54	47,38	54,54		
11	52,43	46,57	55,67	T1% - 11 testemunhos	2,564
Conclusão: Nenhum valor necessita ser eliminado					

Tabela A.30 – Teste nº30 – Evento 03 –  
Extraído 100mm – Ortogonal ao lançamento.

Eliminação de valores discrepantes (ASTM E178-08)					
Evento de concretagem 3 (fck 40)			Extraído	Diâmetro 100mm - Ortogonal ao lançamento (E2)	
n	fc,n (MPa)	fc,n (MPa) decres	fc,n (MPa) cresc	Amostragem	Média
1	33,00	43,92	30,36	5	36,51
2	33,07	42,21	33,00	Coefficiente de variação V (%)	Desvio padrão s (MPa)
3	43,92	33,07	33,07	16,74%	6,113610315
4	30,36	33,00	42,21	Nível de significância de 1%	
5	42,21	30,36	43,92	T5	1,21
				T1	1,01
				T1% - 5 testemunhos	1,764
Conclusão: Nenhum valor necessita ser eliminado					

Tabela A.31 – Teste nº31 – Evento 03 –  
Extraído 75mm – Ortogonal ao lançamento.

Eliminação de valores discrepantes (ASTM E178-08)					
Evento de concretagem 3 (fck 40)			Extraído	Diâmetro 75mm - Ortogonal ao lançamento (E2)	
n	fc,n (MPa)	fc,n (MPa) decres	fc,n (MPa) cresc	Amostragem	Média
1	43,59	43,59	28,61	5	36,38
2	28,61	39,85	32,75	Coefficiente de variação V (%)	Desvio padrão s (MPa)
3	39,85	37,10	37,10	16,15%	5,875140104
4	32,75	32,75	39,85	Nível de significância de 1%	
5	37,10	28,61	43,59	T5	1,23
				T1	1,32
				T1% - 8 testemunhos	1,764
Conclusão: Nenhum valor necessita ser eliminado					

Tabela A.32 – Teste nº32 – Evento 03 –  
Extraído 50mm – Ortogonal ao lançamento.

Eliminação de valores discrepantes (ASTM E178-08)					
Evento de concretagem 3 (fck 40)			Extraído	Diâmetro 50mm - Ortogonal ao lançamento (E2)	
n	fc,n (MPa)	fc,n (MPa) decres	fc,n (MPa) cresc	Amostragem	Média
1	39,34	48,12	36,10	4	41,58
2	36,10	42,75	39,34	Coefficiente de variação V (%)	Desvio padrão s (MPa)
3	48,12	39,34	42,75	12,36%	5,140959131
4	42,75	36,10	48,12	Nível de significância de 1%	
				T4	1,27
				T1	1,07
				T1% - 4 testemunhos	1,496
Conclusão: Nenhum valor necessita ser eliminado					

Tabela A.33 – Teste nº33 – Evento 03 –  
Extraído 25mm – Ortogonal ao lançamento.

Eliminação de valores discrepantes (ASTM E178-08)					
Evento de concretagem 3 (fck 40)			Extraído	Diâmetro 25mm - Ortogonal ao lançamento (E2)	
n	fc,n (MPa)	fc,n (MPa) decres	fc,n (MPa) cresc	Amostragem	Média
1	50,14	53,73	37,76	8	49,25
2	50,95	51,46	49,16	Coefficiente de variação V (%)	Desvio padrão s (MPa)
3	51,30	51,30	49,49		
4	53,73	50,95	50,14	9,85%	4,851880431
5	49,16	50,14	50,95	Nível de significância de 1%	
6	37,76	49,49	51,30		
7	51,46	49,16	51,46	T8	0,92
8	49,49	37,76	53,73	T1	2,37
				T1% - 8 testemunhos	2,274
Conclusão: Menor valor deve ser eliminado					

Tabela A.34 – Teste nº34 – Evento 04 –  
Moldado cura normativa.

Eliminação de valores discrepantes (ASTM E178-08)					
Evento de concretagem 4 (fck 45)			Moldado	Cura Normativa (Tanque NBR 5738) (M1)	
n	fc,n (MPa)	fc,n (MPa) decres	fc,n (MPa) cresc	Amostragem	Média
1	43,23	48,82	40,57	10	44,37
2	44,96	47,50	41,43	Coefficiente de variação V (%)	Desvio padrão s (MPa)
3	40,57	46,90	43,06	5,99%	2,659362286
4	43,40	44,96	43,23	Nível de significância de 1%	
5	48,82	43,87	43,40	T10	1,67
6	46,90	43,40	43,87		
7	47,50	43,23	44,96	T1	1,43
8	43,06	43,06	46,90		
9	43,87	41,43	47,50	T1% - 10 corpos de prova	2,482
10	41,43	40,57	48,82		
Conclusão: Nenhum valor necessita ser eliminado					

Tabela A.35 – Teste nº35 – Evento 04 –  
Moldado cura ao ar.

Eliminação de valores discrepantes (ASTM E178-08)					
Evento de concretagem 4 (fck 45)			Moldado	Cura ao ar (M2)	
n	fc,n (MPa)	fc,n (MPa) decres	fc,n (MPa) cresc	Amostragem	Média
1	40,12	44,06	39,27	10	41,85
2	43,05	43,81	39,67	Coefficiente de variação V (%)	Desvio padrão s (MPa)
3	43,47	43,47	40,12	4,26%	1,782244946
4	44,06	43,05	40,89	Nível de significância de 1%	
5	41,68	42,50	41,68	T10	1,24
6	39,67	41,68	42,50		
7	39,27	40,89	43,05	T1	1,45
8	40,89	40,12	43,47		
9	42,50	39,67	43,81	T1% - 10 corpos de prova	2,482
10	43,81	39,27	44,06		
Conclusão: Nenhum valor necessita ser eliminado					

Tabela A.36 – Teste nº36 – Evento 04 –  
Moldado cura tanque externo.

Eliminação de valores discrepantes (ASTM E178-08)					
Evento de concretagem 4 (fck 45)			Moldado	Cura Tanque externo (M3)	
n	fc,n (MPa)	fc,n (MPa) decres	fc,n (MPa) cresc	Amostragem	Média
1	45,17	49,17	42,23	9	46,95
2	49,17	49,08	44,72	<b>Coefficiente de variação V (%)</b>	<b>Desvio padrão s (MPa)</b>
3	48,46	48,52	45,17	5,10%	2,39262871
4	49,08	48,46	47,19	<b>Nível de significância de 1%</b>	
5	42,23	48,01	48,01	T10	0,93
6	48,52	47,19	48,46		
7	44,72	45,17	48,52	T1	1,97
8	48,01	44,72	49,08		
9	47,19	42,23	49,17	T1% - 9 corpos de prova	2,387

**Conclusão: Nenhum valor necessita ser eliminado**

Tabela A.37 – Teste nº37 – Evento 04 –  
Extraído 100mm – Paralelo ao lançamento.

Eliminação de valores discrepantes (ASTM E178-08)					
Evento de concretagem 4 (fck 45)			Extraído	Diâmetro 100mm - Direção do lançamento (E1)	
n	fc,n (MPa)	fc,n (MPa) decres	fc,n (MPa) cresc	Amostragem	Média
1	42,54	46,39	38,78	7	43,90
2	46,39	45,52	42,54	<b>Coefficiente de variação V (%)</b>	<b>Desvio padrão s (MPa)</b>
3	45,21	45,36	43,50	5,95%	2,612397411
4	38,78	45,21	45,21	<b>Nível de significância de 1%</b>	
5	45,36	43,50	45,36	T7	0,95
6	45,52	42,54	45,52		
7	43,50	38,78	46,39	T1	1,96

**Conclusão: Nenhum valor necessita ser eliminado**

Tabela A.38 – Teste nº38 – Evento 04 –  
Extraído 75mm – Paralelo ao lançamento.

Eliminação de valores discrepantes (ASTM E178-08)					
Evento de concretagem 4 (fck 45)			Extraído	Diâmetro 75mm - Direção do lançamento (E1)	
n	fc,n (MPa)	fc,n (MPa) decres	fc,n (MPa) cresc	Amostragem	Média
1	39,80	47,48	39,48	6	42,91
2	41,52	45,28	39,80	<b>Coefficiente de variação V (%)</b>	<b>Desvio padrão s (MPa)</b>
3	43,90	43,90	41,52	7,43%	3,189713742
4	47,48	41,52	43,90	<b>Nível de significância de 1%</b>	
5	39,48	39,80	45,28	T6	1,43
6	45,28	39,48	47,48	T1	1,07
				T1% - 6 testemunhos	1,973

**Conclusão: Nenhum valor necessita ser eliminado**

Tabela A.39 – Teste nº39 – Evento 04 –  
Extraído 50mm – Paralelo ao lançamento.

Eliminação de valores discrepantes (ASTM E178-08)					
Evento de concretagem 4 (fck 45)			Extraído	Diâmetro 50mm - Direção do lançamento (E1)	
n	fc,n (MPa)	fc,n (MPa) decres	fc,n (MPa) cresc	Amostragem	Média
1	63,06	65,94	58,18	11	62,51
2	58,18	65,94	59,00		
3	62,49	64,55	60,92	<b>Coefficiente de variação V (%)</b>	<b>Desvio padrão s (MPa)</b>
4	65,94	63,20	61,39		
5	61,39	63,06	62,49	4,03%	2,517849375
6	62,92	62,92	62,92	<b>Nível de significância de 1%</b>	
7	63,20	62,49	63,06	T11	1,36
8	64,55	61,39	63,20		
9	59,00	60,92	64,55	T1	1,72
10	65,94	59,00	65,94	T1% - 11 testemunhos	2,564
11	60,92	58,18	65,94		

**Conclusão: Nenhum valor necessita ser eliminado**

Tabela A.40 – Teste nº40 – Evento 04 –  
Extraído 25mm – Paralelo ao lançamento.

Eliminação de valores discrepantes (ASTM E178-08)					
Evento de concretagem 4 (fck 45)			Extraído	Diâmetro 25mm - Direção do lançamento (E1)	
n	fc,n (MPa)	fc,n (MPa) decres	fc,n (MPa) cresc	Amostragem	Média
1	57,48	67,40	54,38	9	62,97
2	67,40	66,42	57,48		
3	66,42	65,94	62,02	Coeficiente de variação V (%)	Desvio padrão s (MPa)
4	63,83	65,45	63,83		
5	54,38	63,83	63,83	6,94%	4,370831881
6	65,94	63,83	65,45		
7	62,02	62,02	65,94	Nível de significância de 1%	
8	65,45	57,48	66,42	T9	1,01
9	63,83	54,38	67,40	T1	1,97
				T1% - 9 testemunhos	2,387

Conclusão: Nenhum valor necessita ser eliminado

Tabela A.41 – Teste nº41 – Evento 04 –  
Extraído 100mm – Ortogonal ao lançamento.

Eliminação de valores discrepantes (ASTM E178-08)					
Evento de concretagem 4 (fck 45)			Extraído	Diâmetro 100mm - Ortogonal ao lançamento (E2)	
n	fc,n (MPa)	fc,n (MPa) decres	fc,n (MPa) cresc	Amostragem	Média
1	50,18	51,14	43,60	4	48,27
2	51,14	50,18	48,14		
3	43,60	48,14	50,18	Coeficiente de variação V (%)	Desvio padrão s (MPa)
4	48,14	43,60	51,14		
				6,95%	3,352270151
Nível de significância de 1%					
				T4	0,86
				T1	1,39
				T1% - 4 testemunhos	1,496

Conclusão: Nenhum valor necessita ser eliminado

Tabela A.42 – Teste nº42 – Evento 04 –  
Extraído 75mm – Ortogonal ao lançamento.

Eliminação de valores discrepantes (ASTM E178-08)					
Evento de concretagem 4 (fck 45)			Extraído	Diâmetro 75mm - Ortogonal ao lançamento (E2)	
n	fc,n (MPa)	fc,n (MPa) decres	fc,n (MPa) cresc	Amostragem	Média
1	35,51	37,09	31,13	5	34,95
2	34,83	36,17	34,83		
3	36,17	35,51	35,51	Coeficiente de variação V (%)	Desvio padrão s (MPa)
4	31,13	34,83	36,17		
5	37,09	31,13	37,09	6,56%	2,292698809
Nível de significância de 1%					
				T5	0,94
				T1	1,67
				T1% - 5 testemunhos	1,764

Conclusão: Nenhum valor necessita ser eliminado

Tabela A.43 – Teste nº43 – Evento 04 –  
Extraído 50mm – Ortogonal ao lançamento.

Eliminação de valores discrepantes (ASTM E178-08)					
Evento de concretagem 4 (fck 45)			Extraído	Diâmetro 50mm - Ortogonal ao lançamento (E2)	
n	fc,n (MPa)	fc,n (MPa) decres	fc,n (MPa) cresc	Amostragem	Média
1	53,17	65,87	49,19	6	59,13
2	49,19	65,30	53,17		
3	61,42	61,42	59,86	Coeficiente de variação V (%)	Desvio padrão s (MPa)
4	59,86	59,86	61,42		
5	65,87	53,17	65,30	11,31%	6,688956935
6	65,30	49,19	65,87	Nível de significância de 1%	
				T6	1,01
				T1	1,49
				T1% - 6 testemunhos	1,973

Conclusão: Nenhum valor necessita ser eliminado

Tabela A.44 – Teste nº44 – Evento 04 –  
Extraído 25mm – Ortogonal ao lançamento.

Eliminação de valores discrepantes (ASTM E178-08)					
Evento de concretagem 4 (fck 45)			Extraído	Diâmetro 25mm - Ortogonal ao lançamento (E2)	
n	f <sub>c,n</sub> (MPa)	f <sub>c,n</sub> (MPa) decresc	f <sub>c,n</sub> (MPa) cresc	Amostragem	Média
1	63,83	69,02	51,46	8	61,14
2	58,46	67,23	56,97		
3	64,64	64,64	57,48	Coeficiente de variação V (%)	Desvio padrões (MPa)
4	69,02	63,83	58,46		
5	51,46	58,46	63,83	9,78%	5,980803145
6	56,97	57,48	64,64		
7	57,48	56,97	67,23	Nível de significância de 1%	
8	67,23	51,46	69,02		
				T8	1,32
				T1	1,62
				T1% - 8 testemunhos	2,274

**Conclusão: Nenhum valor necessita ser eliminado**

**APÊNDICE B – ANÁLISES DE DIFERENÇA ENTRE MÉDIAS,  $R_{(M/E)}$ ,  $R_{(E1/E2)}$  E  $R_{(M/M)}$ .**

Tabela B.1 – Análise nº 01 – Moldado cura normalizada x 100mm direção de lançamento (fck 20).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 01 - fck 20								
Cura em tanque normalizado x Extração na mesma direção de concretagem								
n	M1	E1 10x20	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	21,6	19,8	M1	10	222,54915	22,25492	1,439747	
2	23,5	20,5	E1 10x20	10	203,50034	20,35003	0,770825	
3	21,1	20,6	ANOVA					
4	24,7	20,5						
5	21,6	20,2						
6	22,6	21,1						
7	22,7	20,1						
6	22,6	21,1	Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico
7	22,7	20,1	Entre grupos	18,14286	1	18,143	16,415	4,414
8	22,3	20,7	Dentro dos grupos	19,89515	18	1,105		
9	20,7	18,4						
10	21,8	21,7	Total	38,03801	19			
F calculado > F crítico								
Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental								
São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R M/E = 1,09</b>								

Tabela B.2 – Análise nº 02 – Moldado cura normalizada x 75mm direção de lançamento (fck 20).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 01 - fck 20								
Cura em tanque normalizado x Extração na mesma direção de concretagem								
n	M1	E1 7,5x15	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	21,6	20,7	M1	10	222,54915	22,25492	1,439747	
2	23,5	19,7	E1 7,5x15	10	205,46439	20,54644	2,920644	
3	21,1	18,7	ANOVA					
4	24,7	19,0						
5	21,6	24,4						
6	22,6	20,7						
7	22,7	21,9						
6	22,6	20,7	Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico
7	22,7	21,9	Entre grupos	14,59446	1	14,59446	6,694106	4,413873
8	22,3	20,3	Dentro dos grupos	39,24351	18	2,180195		
9	20,7	21,1						
10	21,8	18,9	Total	53,83797	19			
F calculado > F crítico								
Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental								
São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R M/E = 1,08</b>								

Tabela B.3 – Análise nº 03 – Moldado cura normalizada x 50mm direção de lançamento (fck 20).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 01 - fck 20								
Cura em tanque normalizado x Extração na mesma direção de concretagem								
n	M1	E1 5x10	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	21,6	23,8	M1	10	222,54915	22,25492	1,439747	
2	23,5	19,0	E1 5x10	10	209,15746	20,91575	4,374642	
3	21,1	20,5	ANOVA					
4	24,7	18,1						
5	21,6	20,9						
6	22,6	17,7						
7	22,7	22,9						
			Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico
			Entre grupos	8,966875	1	8,966875	3,084374	4,413873
			Dentro dos grupos	52,3295	18	2,907194		
			Total	61,29637	19			
F calculado > F crítico								
Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental								
São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>RM/E = 1,06</b>								

Tabela B.4 – Análise nº 04 – Moldado cura normalizada x 25mm direção de lançamento (fck 20).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 01 - fck 20								
Cura em tanque normalizado x Extração na mesma direção de concretagem								
n	M1	E1 2,5x5	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	21,6	27,5	M1	10	222,54915	22,25492	1,439747	
2	23,5	32,6	E1 2,5x5	11	333,45895	30,31445	16,23877	
3	21,1	29,0	ANOVA					
4	24,7	29,9						
5	21,6	25,8						
6	22,6	37,5						
7	22,7	25,8						
			Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico
			Entre grupos	340,2462	1	340,2462	36,86825	4,38075
			Dentro dos grupos	175,3454	19	9,228706		
			Total	515,5916	20			
10	21,8	31,9						
11		35,0						
F calculado > F crítico								
Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental								
São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>RM/E = 0,73</b>								

Tabela B.5 – Análise nº 05 – Moldado cura ao ar x 100mm direção de lançamento (fck 20).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 01 - fck 20								
Cura ao ar x Extração na mesma direção de concretagem								
n	M2	E1 10x20	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	19,4	19,8	M2	10	209,24757	20,92476	1,688984	
2	21,3	20,5	E1 10x20	10	203,50034	20,35003	0,770825	
3	21,3	20,6						
4	21,6	20,5						
5	21,5	20,2	ANOVA					
6	18,5	21,1	<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i> <i>F crítico</i>	
7	19,6	20,1	Entre grupos	1,651533	1	1,651533	1,342814 4,413873	
8	21,6	20,7	Dentro dos grupos	22,13828	18	1,229904		
9	21,8	18,4						
10	22,6	21,7	Total	23,78981	19			
F calculado < F crítico								
Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental								
Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R M/E = 1,03</b>								

Tabela B.6 – Análise nº 06 – Moldado cura ao ar x 75mm direção de lançamento (fck 20).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 01 - fck 20								
Cura ao ar x Extração na mesma direção de concretagem								
n	M2	E1 7,5x15	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	19,4	20,7	M2	10	209,24757	20,92476	1,688984	
2	21,3	19,7	E1 7,5x15	10	205,46439	20,54644	2,920644	
3	21,3	18,7						
4	21,6	19,0						
5	21,5	24,4	ANOVA					
6	18,5	20,7	<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i> <i>F crítico</i>	
7	19,6	21,9	Entre grupos	0,715623	1	0,715623	0,310491 4,413873	
8	21,6	20,3	Dentro dos grupos	41,48665	18	2,304814		
9	21,8	21,1						
10	22,6	18,9	Total	42,20227	19			
F calculado < F crítico								
Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental								
Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R M/E = 1,02</b>								

Tabela B.7 – Análise nº 07 – Moldado cura ao ar x 50mm direção de lançamento (fck 20).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 01 - fck 20								
Cura ao ar x Extração na mesma direção de concretagem								
n	M2	E1 5x10	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	19,4	23,8	M2	10	209,24757	20,92476	1,688984	
2	21,3	19,0	E1 5x10	10	209,15746	20,91575	4,374642	
3	21,3	20,5	ANOVA					
4	21,6	18,1						
5	21,5	20,9						
6	18,5	17,7						
7	19,6	22,9						
			Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico
8	21,6	21,9	Entre grupos	0,000406	1	0,000406	0,000134	4,413873
9	21,8	22,8	Dentro dos grupos	54,57263	18	3,031813		
10	22,6	21,6	Total	54,57303	19			
F calculado < F crítico								
Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental								
Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R M/E = 1,00</b>								

Tabela B.8 – Análise nº 08 – Moldado cura ao ar x 25mm direção de lançamento (fck 20).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 01 - fck 20								
Cura ao ar x Extração na mesma direção de concretagem								
n	M2	E1 2,5x5	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	19,4	27,5	M2	10	209,24757	20,92476	1,688984	
2	21,3	32,6	E1 2,5x5	11	333,45895	30,31445	16,23877	
3	21,3	29,0	ANOVA					
4	21,6	29,9						
5	21,5	25,8						
6	18,5	37,5						
7	19,6	25,8						
			Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico
8	21,6	32,9	Entre grupos	461,8236	1	461,8236	49,40999	4,38075
9	21,8	25,6	Dentro dos grupos	177,5885	19	9,346766		
10	22,6	31,9	Total	639,4122	20			
11		35,0	F calculado > F crítico					
Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental								
São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R M/E = 0,69</b>								

Tabela B.9 – Análise nº 09 – Moldado cura tanque externo x 100mm direção de lançamento (fck 20).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 01 - fck 20								
Cura em tanque ambiente x Extração na mesma direção de concretagem								
n	M3	E1 10x20	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	23,7	19,8	M3	10	219,77914	21,97791	3,24715	
2	22,2	20,5	E1 10x20	10	203,50034	20,35003	0,770825	
3	21,9	20,6						
4	21,4	20,5						
5	21,8	20,2	ANOVA					
6	22,4	21,1	<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i> <i>F crítico</i>	
7	22,5	20,1	Entre grupos	13,24997	1	13,24997	6,595344 4,413873	
8	17,8	20,7	Dentro dos grupos	36,16178	18	2,008988		
9	21,3	18,4						
10	24,8	21,7	Total	49,41175	19			
			F calculado > F crítico					
			Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental					
			São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%					
<b>R M/E = 1,08</b>								

Tabela B.10 – Análise nº 010 – Moldado cura tanque externo x 75mm direção de lançamento (fck 20).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 01 - fck 20								
Cura em tanque ambiente x Extração na mesma direção de concretagem								
n	M3	E1 7,5x15	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	23,7	20,7	M3	10	219,77914	21,97791	3,24715	
2	22,2	19,7	E1 7,5x15	10	205,46439	20,54644	2,920644	
3	21,9	18,7						
4	21,4	19,0						
5	21,8	24,4	ANOVA					
6	22,4	20,7	<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i> <i>F crítico</i>	
7	22,5	21,9	Entre grupos	10,2456	1	10,2456	3,322291 4,413873	
8	17,8	20,3	Dentro dos grupos	55,51015	18	3,083897		
9	21,3	21,1						
10	24,8	18,9	Total	65,75575	19			
			F calculado < F crítico					
			Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental					
			Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%					
<b>R M/E = 1,07</b>								

Tabela B.11 – Análise nº 011 – Moldado cura tanque externo x 50mm direção de lançamento (fck 20).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 01 - fck 20								
Cura em tanque ambiente x Extração na mesma direção de concretagem								
n	M3	E1 5x10	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	23,7	23,8	M3	10	219,77914	21,97791	3,24715	
2	22,2	19,0	E1 5x10	10	209,15746	20,91575	4,374642	
3	21,9	20,5	ANOVA					
4	21,4	18,1						
5	21,8	20,9						
6	22,4	17,7						
7	22,5	22,9						
			Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico
			Entre grupos	5,641007	1	5,641007	1,480231	4,413873
			Dentro dos grupos	68,59613	18	3,810896		
			Total	74,23714	19			
F calculado < F crítico								
Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental								
Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>RM/E = 1,05</b>								

Tabela B.12 – Análise nº 012 – Moldado cura tanque externo x 25mm direção de lançamento (fck 20).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 01 - fck 20								
Cura em tanque ambiente x Extração na mesma direção de concretagem								
n	M3	E1 2,5x5	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	23,7	27,5	M3	10	219,77914	21,97791	3,24715	
2	22,2	32,6	E1 2,5x5	11	333,45895	30,31445	16,23877	
3	21,9	29,0	ANOVA					
4	21,4	29,9						
5	21,8	25,8						
6	22,4	37,5						
7	22,5	25,8						
			Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico
			Entre grupos	364,0363	1	364,0363	36,09736	4,38075
			Dentro dos grupos	191,612	19	10,08484		
			Total	555,6483	20			
10	24,8	31,9						
11		35,0						
F calculado > F crítico								
Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental								
São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>RM/E = 0,72</b>								

Tabela B.13 – Análise nº 013 – Moldado cura normalizada x 100mm ortogonal ao lançamento (fck 20).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 01 - fck 20								
Cura em tanque normalizado x Extração na direção ortogonal à concretagem								
n	M1	E2 10x20	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	21,6	15,0	M1	10	222,54915	22,25492	1,439747	
2	23,5	18,3	E2 10x20	5	90,173584	18,03472	7,112136	
3	21,1	21,6						
4	24,7	19,4						
5	21,6	15,9	ANOVA					
6	22,6		<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i> <i>F crítico</i>	
7	22,7		Entre grupos	59,36692	1	59,36692	18,63897 4,667193	
8	22,3		Dentro dos grupos	41,40626	13	3,185097		
9	20,7							
10	21,8		Total	100,7732	14			
F calculado > F crítico								
Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental								
São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R M/E = 1,23</b>								

Tabela B.14 – Análise nº 014 – Moldado cura normalizada x 75mm ortogonal ao lançamento (fck 20).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 01 - fck 20								
Cura em tanque normalizado x Extração na direção ortogonal à concretagem								
n	M1	E2 7,5x15	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	21,6	16,4	M1	10	222,54915	22,25492	1,439747	
2	23,5	16,5	E2 7,5x15	4	65,666698	16,41667	0,302976	
3	21,1	17,1						
4	24,7	15,7						
5	21,6		ANOVA					
6	22,6		<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i> <i>F crítico</i>	
7	22,7		Entre grupos	97,38587	1	97,38587	84,27635 4,747225	
8	22,3		Dentro dos grupos	13,86665	12	1,155554		
9	20,7							
10	21,8		Total	111,2525	13			
F calculado > F crítico								
Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental								
São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R M/E = 1,36</b>								

Tabela B.15 – Análise nº 015 – Moldado cura normalizada x 50mm ortogonal ao lançamento (fck 20).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 01 - fck 20								
Cura em tanque normalizado x Extração na direção ortogonal à concretagem								
n	M1	E2 5x10	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	21,6	14,1	M1	10	222,54915	22,25492	1,439747	
2	23,5	13,8	E2 5x10	6	113,32411	18,88735	19,02195	
3	21,1	20,8	ANOVA					
4	24,7	24,4						
5	21,6	22,2						
6	22,6	18,0						
7	22,7							
			Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico
			Entre grupos	42,52681	1	42,52681	5,509292	4,60011
			Dentro dos grupos	108,0675	14	7,719107		
			Total	150,5943	15			
F calculado > F crítico								
Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental								
São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R M/E = 1,18</b>								

Tabela B.16 – Análise nº 016 – Moldado cura normalizada x 25mm ortogonal ao lançamento (fck 20).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 01 - fck 20								
Cura em tanque normalizado x Extração na direção ortogonal à concretagem								
n	M1	E2 2,5x5	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	21,6	27,1	M1	10	222,54915	22,25492	1,439747	
2	23,5	26,1	E2 2,5x5	7	177,78626	25,39804	4,641079	
3	21,1	26,8	ANOVA					
4	24,7	23,7						
5	21,6	21,3						
6	22,6	25,6						
7	22,7	27,1						
			Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico
			Entre grupos	40,67911	1	40,67911	14,95402	4,543077
			Dentro dos grupos	40,80419	15	2,72028		
			Total	81,4833	16			
F calculado > F crítico								
Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental								
São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R M/E = 0,88</b>								

Tabela B.17 – Análise nº 017 – Moldado cura ao ar x 100mm ortogonal ao lançamento (fck 20).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 01 - fck 20								
Cura ao ar x Extração na direção ortogonal à concretagem								
n	M2	E2 10x20	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	19,4	15,0	M2	10	209,24757	20,92476	1,688984	
2	21,3	18,3	E2 10x20	5	90,173584	18,03472	7,112136	
3	21,3	21,6						
4	21,6	19,4						
5	21,5	15,9	ANOVA					
6	18,5		<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	19,6		Entre grupos	27,84111	1	27,84111	8,291855	4,667193
8	21,6		Dentro dos grupos	43,64939	13	3,357646		
9	21,8							
10	22,6		Total	71,49051	14			
F calculado > F crítico								
Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental								
São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>RM/E = 1,16</b>								

Tabela B.18 – Análise nº 018 – Moldado cura ao ar x 75mm ortogonal ao lançamento (fck 20).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 01 - fck 20								
Cura ao ar x Extração na direção ortogonal à concretagem								
n	M2	E2 7,5x15	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	19,4	16,4	M2	10	209,24757	20,92476	1,688984	
2	21,3	16,5	E2 7,5x15	4	65,666698	16,41667	0,302976	
3	21,3	17,1						
4	21,6	15,7						
5	21,5		ANOVA					
6	18,5		<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	19,6		Entre grupos	58,06517	1	58,06517	43,25211	4,747225
8	21,6		Dentro dos grupos	16,10978	12	1,342482		
9	21,8							
10	22,6		Total	74,17495	13			
F calculado > F crítico								
Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental								
São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>RM/E = 1,27</b>								

Tabela B.19 – Análise nº 019 – Moldado cura ao ar x 50mm ortogonal ao lançamento (fck 20).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 01 - fck 20								
Cura ao ar x Extração na direção ortogonal à concretagem								
n	M2	E2 5x10	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	19,4	14,1	M2	10	209,24757	20,92476	1,688984	
2	21,3	13,8	E2 5x10	6	113,32411	18,88735	19,02195	
3	21,3	20,8	ANOVA					
4	21,6	24,4						
5	21,5	22,2						
6	18,5	18,0						
10	22,6							
			Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico
			Entre grupos	15,56632	1	15,56632	1,97559	4,60011
			Dentro dos grupos	110,3106	14	7,87933		
			Total	125,877	15			
F calculado < F crítico								
Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental								
Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R M/E = 1,11</b>								

Tabela B.20 – Análise nº 020 – Moldado cura ao ar x 25mm ortogonal ao lançamento (fck 20).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 01 - fck 20								
Cura ao ar x Extração na direção ortogonal à concretagem								
n	M2	E2 2,5x5	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	19,4	27,1	M2	10	209,24757	20,92476	1,688984	
2	21,3	26,1	E2 2,5x5	7	177,78626	25,39804	4,641079	
3	21,3	26,8	ANOVA					
4	21,6	23,7						
5	21,5	21,3						
6	18,5	25,6						
10	22,6							
			Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico
			Entre grupos	82,39506	1	82,39506	28,71086	4,543077
			Dentro dos grupos	43,04733	15	2,869822		
			Total	125,4424	16			
F calculado > F crítico								
Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental								
São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R M/E = 0,82</b>								

Tabela B.21 – Análise nº 021 – Moldado cura tanque externo x 100mm direção de lançamento (fck 20).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 01 - fck 20								
Cura em tanque ambiente x Extração na direção ortogonal à concretagem								
n	M3	E2 10x20	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	23,7	15,0	M3	10	219,77914	21,97791	3,24715	
2	22,2	18,3	E2 10x20	5	90,173584	18,03472	7,112136	
3	21,9	21,6						
4	21,4	19,4						
5	21,8	15,9	ANOVA					
6	22,4		<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	22,5		Entre grupos	51,82935	1	51,82935	11,68281	4,667193
8	17,8		Dentro dos grupos	57,6729	13	4,436377		
9	21,3							
10	24,8		Total	109,5022	14			
F calculado > F crítico								
Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental								
São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R M/E = 1,22</b>								

Tabela B.22 – Análise nº 022 – Moldado cura tanque externo x 75mm direção de lançamento (fck 20).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 01 - fck 20								
Cura em tanque ambiente x Extração na direção ortogonal à concretagem								
n	M3	E2 7,5x15	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	23,7	16,4	M3	10	219,77914	21,97791	3,24715	
2	22,2	16,5	E2 7,5x15	4	65,666698	16,41667	0,302976	
3	21,9	17,1						
4	21,4	15,7						
5	21,8		ANOVA					
6	22,4		<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	22,5		Entre grupos	88,36396	1	88,36396	35,18925	4,747225
8	17,8		Dentro dos grupos	30,13328	12	2,511107		
9	21,3							
10	24,8		Total	118,4972	13			
F calculado > F crítico								
Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental								
São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R M/E = 1,34</b>								

Tabela B.23 – Análise nº 023 – Moldado cura tanque externo x 50mm direção de lançamento (fck 20).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 01 - fck 20								
Cura em tanque ambiente x Extração na direção ortogonal à concretagem								
n	M3	E2 5x10	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	23,7	14,1	M3	10	219,77914	21,97791	3,24715	
2	22,2	13,8	E2 5x10	6	113,32411	18,88735	19,02195	
3	21,9	20,8	ANOVA					
4	21,4	24,4						
5	21,8	22,2						
6	22,4	18,0						
7	22,5							
			<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
			Entre grupos	35,8184	1	35,8184	4,033145	4,60011
			Dentro dos grupos	124,3341	14	8,881009		
			Total	160,1525	15			
F calculado < F crítico								
Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental								
Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R M/E = 1,16</b>								

Tabela B.24 – Análise nº 024 – Moldado cura tanque externo x 25mm direção de lançamento (fck 20).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 01 - fck 20								
Cura em tanque ambiente x Extração na direção ortogonal à concretagem								
n	M3	E2 2,5x5	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	23,7	27,1	M3	10	219,77914	21,97791	3,24715	
2	22,2	26,1	E2 2,5x5	7	177,78626	25,39804	4,641079	
3	21,9	26,8	ANOVA					
4	21,4	23,7						
5	21,8	21,3						
6	22,4	25,6						
7	22,5	27,1						
			<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
			Entre grupos	48,1651	1	48,1651	12,6593	4,543077
			Dentro dos grupos	57,07083	15	3,804722		
			Total	105,2359	16			
F calculado > F crítico								
Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental								
São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R M/E = 0,87</b>								

Tabela B.25 – Análise nº 25 – Moldado cura normalizada x 100mm direção de lançamento (fck 30).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 02 - fck 30								
Cura em tanque normalizado x Extração na mesma direção de concretagem								
n	M1	E1 10x20	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	33,0	24,7	M1	10	309,4668	30,94668	3,973119	
2	29,1	32,3	E1 10x20	10	279,9606	27,99606	8,732573	
3	29,4	26,6						
4	33,5	28,5						
5	31,1	24,0	ANOVA					
6	29,0	28,6	<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	27,9	24,4	Entre grupos	43,53064	1	43,53064	6,852148	4,413873
8	32,8	29,6	Dentro dos grupos	114,3512	18	6,352846		
9	31,3	31,7						
10	32,5	29,5	Total	157,8819	19			
			F calculado > F crítico					
			Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental					
			São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%					
<b>R M/E = 1,11</b>								

Tabela B.26 – Análise nº 26 – Moldado cura normalizada x 75mm direção de lançamento (fck 30).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 02 - fck 30								
Cura em tanque normalizado x Extração na mesma direção de concretagem								
n	M1	E1 7,5x15	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	33,0	26,8	M1	10	309,4668	30,94668	3,973119	
2	29,1	23,9	E1 7,5x15	10	289,7744	28,97744	11,03926	
3	29,4	29,0						
4	33,5	26,0						
5	31,1	29,5	ANOVA					
6	29,0	29,5	<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	27,9	32,0	Entre grupos	19,38945	1	19,38945	2,583129	4,413873
8	32,8	26,0	Dentro dos grupos	135,1114	18	7,506189		
9	31,3	33,5						
10	32,5	33,6	Total	154,5009	19			
			F calculado < F crítico					
			Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental					
			Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%					
<b>R M/E = 1,07</b>								



Tabela B.29 – Análise nº 29 – Moldado cura ao ar x 100mm direção de lançamento (fck 30).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 02 - fck 30								
Cura ao ar x Extração na mesma direção de concretagem								
n	M2	E1 10x20	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	29,3	24,7	29,28916339	8	246,3001	30,78751	0,916934	
2	29,4	32,3	24,72601786	9	255,2346	28,3594	8,338977	
3	30,0	26,6						
4	30,0	28,5						
5	30,7	24,0	ANOVA					
6	31,0	28,6	<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	31,2	24,4	Entre grupos	24,97003	1	24,97003	5,121682	4,543077
8	32,0	29,6	Dentro dos grupos	73,13035	15	4,875357		
9	32,0	31,7						
10		29,5	Total	98,10038	16			
			F calculado > F crítico					
			Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental					
			São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%					
<b>R M/E = 1,09</b>								

Tabela B.30 – Análise nº 30 – Moldado cura ao ar x 75mm direção de lançamento (fck 30).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 02 - fck 30								
Cura ao ar x Extração na mesma direção de concretagem								
n	M2	E1 7,5x15	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	29,3	26,8	M2	9	275,5892	30,62103	1,051766	
2	29,4	23,9	E1 7,5x15	10	289,7744	28,97744	11,03926	
3	30,0	29,0						
4	30,0	26,0						
5	30,7	29,5	ANOVA					
6	31,0	29,5	<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	31,2	32,0	Entre grupos	12,79595	1	12,79595	2,018523	4,451322
8	32,0	26,0	Dentro dos grupos	107,7675	17	6,339262		
9	32,0	33,5						
10		33,6	Total	120,5634	18			
			F calculado < F crítico					
			Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental					
			Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%					
<b>R M/E = 1,06</b>								

Tabela B.31 – Análise nº 31 – Moldado cura ao ar x 50mm direção de lançamento (fck 30).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos																	
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 02 - fck 30																	
Cura ao ar x Extração na mesma direção de concretagem																	
n	M2	E1 5x10	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância										
1	29,3	38,1	M2	9	275,5892	30,62103	1,051766										
2	29,4	38,4	E1 5x10	19	650,3685	34,22992	16,32841										
3	30,0	29,7	ANOVA														
4	30,0	37,9															
5	30,7	32,2															
6	31,0	35,1															
7	31,2	34,5															
			Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico									
7	31,2	34,5	Entre grupos	79,54022	1	79,54022	6,840459	4,225201									
8	32,0	36,7	Dentro dos grupos	302,3256	26	11,62791											
9	32,0	38,9															
10		37,1	Total	381,8658	27												
11		40,3	F calculado > F crítico														
12		32,0	Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental														
13		33,9															
14		36,1						São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%									
15		33,4															
16		30,5															
17		24,4															
18		28,9															
19		32,4															
<b>R M/E = 0,89</b>																	

Tabela B.32 – Análise nº 32 – Moldado cura ao ar x 25mm direção de lançamento (fck 30).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos									
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 02 - fck 30									
Cura ao ar x Extração na mesma direção de concretagem									
n	M2	E1 2,5x5	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância		
1	29,3	32,6	M2	9	275,5892	30,62103	1,051766		
2	29,4	35,0	E1 2,5x5	11	402,6256	36,60232	21,01815		
3	30,0	42,8	ANOVA						
4	30,0	36,8							
5	30,7	39,9							
6	31,0	44,6							
7	31,2	33,9							
			Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico	
7	31,2	33,9	Entre grupos	177,0908	1	177,0908	14,58234	4,413873	
8	32,0	38,7	Dentro dos grupos	218,5957	18	12,1442			
9	32,0	33,5							
10		29,1	Total	395,6865	19				
11		35,7	F calculado > F crítico						
			Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental						
			São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%						
<b>R M/E = 0,84</b>									

Tabela B.33 – Análise nº 33 – Moldado cura tanque externo x 100mm direção de lançamento (fck 30).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 02 - fck 30								
Cura em tanque ambiente x Extração na mesma direção de concretagem								
n	M3	E1 10x20	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	30,4	24,7	M3	10	308,637	30,8637	3,657885	
2	31,6	32,3	E1 10x20	10	279,9606	27,99606	8,732573	
3	32,0	26,6						
4	31,0	28,5						
5	32,4	24,0	ANOVA					
6	32,9	28,6	<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	29,9	24,4	Entre grupos	41,11672	1	41,11672	6,636837	4,413873
8	26,8	29,6	Dentro dos grupos	111,5141	18	6,195229		
9	29,1	31,7						
10	32,7	29,5	Total	152,6308	19			
F calculado > F crítico								
Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental								
São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R M/E = 1,10</b>								

Tabela B.34 – Análise nº 34 – Moldado cura tanque externo x 75mm direção de lançamento (fck 30).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 02 - fck 30								
Cura em tanque ambiente x Extração na mesma direção de concretagem								
n	M3	E1 7,5x15	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	30,4	26,8	M3	10	308,637	30,8637	3,657885	
2	31,6	23,9	E1 7,5x15	10	289,7744	28,97744	11,03926	
3	32,0	29,0						
4	31,0	26,0						
5	32,4	29,5	ANOVA					
6	32,9	29,5	<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	29,9	32,0	Entre grupos	17,78986	1	17,78986	2,42086	4,413873
8	26,8	26,0	Dentro dos grupos	132,2743	18	7,348572		
9	29,1	33,5						
10	32,7	33,6	Total	150,0642	19			
F calculado < F crítico								
Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental								
Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R M/E = 1,07</b>								

Tabela B.35 – Análise nº 35 – Moldado cura tanque externo x 50mm direção de lançamento (fck 30).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos												
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 02 - fck 30												
Cura em tanque ambiente x Extração na mesma direção de concretagem												
n	M3	E1 5x10	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância					
1	30,4	38,1	M3	10	308,637	30,8637	3,657885					
2	31,6	38,4	E1 5x10	19	650,3685	34,22992	16,32841					
3	32,0	29,7	ANOVA									
4	31,0	37,9										
5	32,4	32,2										
6	32,9	35,1										
7	29,9	34,5										
			Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico				
8	26,8	36,7	Entre grupos	74,24047	1	74,24047	6,13309	4,210008				
9	29,1	38,9	Dentro dos grupos	326,8324	27	12,1049						
10	32,7	37,1	Total	401,0729	28							
11		40,3	F calculado > F crítico									
12		32,0	Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental									
13		33,9	São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%									
14		36,1										
15		33,4										
16		30,5										
17		24,4										
18		28,9										
19		32,4										
<b>R M/E = 0,90</b>												

Tabela B.36 – Análise nº 36 – Moldado cura tanque externo x 25mm direção de lançamento (fck 30).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos									
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 02 - fck 30									
Cura em tanque ambiente x Extração na mesma direção de concretagem									
n	M3	E1 2,5x5	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância		
1	30,4	32,6	M3	10	308,637	30,8637	3,657885		
2	31,6	35,0	E1 2,5x5	11	402,6256	36,60232	21,01815		
3	32,0	42,8	ANOVA						
4	31,0	36,8							
5	32,4	39,9							
6	32,9	44,6							
7	29,9	33,9							
			Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico	
8	26,8	38,7	Entre grupos	172,4999	1	172,4999	13,48196	4,38075	
9	29,1	33,5	Dentro dos grupos	243,1025	19	12,79487			
10	32,7	29,1	Total	415,6024	20				
11		35,7	F calculado > F crítico						
			Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental						
			São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%						
<b>R M/E = 0,84</b>									

Tabela B.37 – Análise nº 37 – Moldado cura normalizada x 100mm ortogonal ao lançamento (fck 30).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos							
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 02 - fck 30							
Cura em tanque normalizado x Extração na direção ortogonal à concretagem							
n	M1	E2 10x20	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
1	33,0	28,9	M1	10	309,4668	30,94668	3,973119
2	29,1	27,3	E2 10x20	4	108,5008	27,12521	1,745447
3	29,4	26,2					
4	33,5	26,1					
5	31,1		ANOVA				
6	29,0		<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i> <i>F crítico</i>
7	27,9		Entre grupos	41,72473	1	41,72473	12,21378    4,747225
8	32,8		Dentro dos grupos	40,99441	12	3,416201	
9	31,3						
10	32,5		Total	82,71914	13		
			F calculado > F crítico				
			Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental				
			São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%				
<b>R M/E = 1,14</b>							

Tabela B.38 – Análise nº 38 – Moldado cura normalizada x 75mm ortogonal ao lançamento (fck 30).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos							
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 02 - fck 30							
Cura em tanque normalizado x Extração na direção ortogonal à concretagem							
n	M1	E2 7,5x15	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
1	33,0	33,4	M1	10	309,4668	30,94668	3,973119
2	29,1	28,4	E2 7,5x15	5	150,7771	30,15542	5,590895
3	29,4	31,9					
4	33,5	29,1					
5	31,1	28,0	ANOVA				
6	29,0		<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i> <i>F crítico</i>
7	27,9		Entre grupos	2,086964	1	2,086964	0,466789    4,667193
8	32,8		Dentro dos grupos	58,12165	13	4,470896	
9	31,3						
10	32,5		Total	60,20861	14		
			F calculado < F crítico				
			Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental				
			Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%				
<b>R M/E = 1,03</b>							

Tabela B.39 – Análise nº 39 – Moldado cura normalizada x 50mm ortogonal ao lançamento (fck 30).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 02 - fck 30								
Cura em tanque normalizado x Extração na direção ortogonal à concretagem								
n	M1	E2 5x10	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	33,0	29,0	M1	10	309,4668	30,94668	3,973119	
2	29,1	31,5	E2 5x10	8	256,2126	32,02657	5,711402	
3	29,4	30,4	ANOVA					
4	33,5	35,1						
5	31,1	32,1						
6	29,0	30,4						
7	27,9	36,0						
			Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico
			Entre grupos	5,182973	1	5,182973	1,094928	4,493998
			Dentro dos grupos	75,73788	16	4,733618		
			Total	80,92086	17			
F calculado < F crítico								
Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental								
Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R M/E = 0,97</b>								

Tabela B.40 – Análise nº 40 – Moldado cura normalizada x 25mm ortogonal ao lançamento (fck 30).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 02 - fck 30								
Cura em tanque normalizado x Extração na direção ortogonal à concretagem								
n	M1	E2 2,5x5	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	33,0	29,15	M1	10	309,4668	30,94668	3,973119	
2	29,1	39,41	E2 2,5x5	9	319,9394	35,54883	19,4001	
3	29,4	38,41	ANOVA					
4	33,5	30,12						
5	31,1	39,74						
6	29,0	32,55						
7	27,9	41,03						
			Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico
			Entre grupos	100,3252	1	100,3252	8,931387	4,451322
			Dentro dos grupos	190,9589	17	11,23288		
			Total	291,284	18			
F calculado > F crítico								
Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental								
São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R M/E = 0,87</b>								

Tabela B.41 – Análise nº 41 – Moldado cura ao ar x 100mm ortogonal ao lançamento (fck 30).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos									
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 02 - fck 30									
Cura ao ar x Extração na direção ortogonal à concretagem									
n	M2	E2 10x20	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância		
1	29,3	28,9	M2	9	275,5892	30,62103	1,051766		
2	29,4	27,3	E2 10x20	4	108,5008	27,12521	1,745447		
3	30,0	26,2	ANOVA						
4	30,0	26,1							
5	30,7								
6	31,0			<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	31,2			Entre grupos	33,8421	1	33,8421	27,27109	4,844336
8	32,0		Dentro dos grupos	13,65047	11	1,240952			
9	32,0		Total	47,49257	12				
F calculado > F crítico									
Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental									
São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%									
<b>R M/E = 1,13</b>									

Tabela B.42 – Análise nº 42 – Moldado cura ao ar x 75mm ortogonal ao lançamento (fck 30).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos									
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 02 - fck 30									
Cura ao ar x Extração na direção ortogonal à concretagem									
n	M2	E2 7,5x15	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância		
1	29,3	33,4	M2	9	275,5892	30,62103	1,051766		
2	29,4	28,4	E2 7,5x15	5	150,7771	30,15542	5,590895		
3	30,0	31,9	ANOVA						
4	30,0	29,1							
5	30,7	28,0							
6	31,0			<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	31,2			Entre grupos	0,696819	1	0,696819	0,271685	4,747225
8	32,0		Dentro dos grupos	30,77771	12	2,564809			
9	32,0		Total	31,47453	13				
F calculado < F crítico									
Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental									
Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%									
<b>R M/E = 1,02</b>									

Tabela B.43 – Análise nº 43 – Moldado cura ao ar x 50mm ortogonal ao lançamento (fck 30).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 02 - fck 30								
Cura ao ar x Extração na direção ortogonal à concretagem								
n	M2	E2 5x10	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	29,3	29,0	M2	9	275,5892	30,62103	1,051766	
2	29,4	31,5	E2 5x10	8	256,2126	32,02657	5,711402	
3	30,0	30,4	ANOVA					
4	30,0	35,1						
5	30,7	32,1						
6	31,0	30,4						
7	31,2	36,0						
8	32,0	31,8	Entre grupos	8,367072	1	8,367072	2,593425	4,543077
9	32,0		Dentro dos grupos	48,39394	15	3,226263		
Total				56,76102	16			
F calculado < F crítico								
Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental								
Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R M/E = 0,96</b>								

Tabela B.44 – Análise nº 44 – Moldado cura ao ar x 25mm ortogonal ao lançamento (fck 30).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 02 - fck 30								
Cura ao ar x Extração na direção ortogonal à concretagem								
n	M2	E2 2,5x5	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	29,3	29,15	M2	9	275,5892	30,62103	1,051766	
2	29,4	39,41	E2 2,5x5	9	319,9394	35,54883	19,4001	
3	30,0	38,41	ANOVA					
4	30,0	30,12						
5	30,7	39,74						
6	31,0	32,55						
7	31,2	41,03						
8	32,0	36,14	Entre grupos	109,2744	1	109,2744	10,68601	4,493998
9	32,0	33,39	Dentro dos grupos	163,6149	16	10,22593		
Total				272,8894	17			
F calculado > F crítico								
Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental								
São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R M/E = 0,86</b>								

Tabela B.45 – Análise nº 45 – Moldado cura tanque externo x 100mm ortogonal ao lançamento (fck 30).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos							
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 02 - fck 30							
Cura em tanque ambiente x Extração na direção ortogonal à concretagem							
n	M3	E2 10x20	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
1	30,4	28,9	M3	10	308,637	30,8637	3,657885
2	31,6	27,3	E2 10x20	4	108,5008	27,12521	1,745447
3	32,0	26,2					
4	31,0	26,1					
5	32,4		ANOVA				
6	32,9		<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>
7	29,9		Entre grupos	39,93243	1	39,93243	12,55826
8	26,8		Dentro dos grupos	38,1573	12	3,179775	4,747225
9	29,1						
10	32,7		Total	78,08974	13		
F calculado > F crítico							
Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental							
São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%							
<b>R M/E = 1,14</b>							

Tabela B.46 – Análise nº 46 – Moldado cura tanque externo x 75mm ortogonal ao lançamento (fck 30).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos							
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 02 - fck 30							
Cura em tanque ambiente x Extração na direção ortogonal à concretagem							
n	M3	E2 7,5x15	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
1	30,4	33,4	M3	10	308,637	30,8637	3,657885
2	31,6	28,4	E2 7,5x15	5	150,7771	30,15542	5,590895
3	32,0	31,9					
4	31,0	29,1					
5	32,4	28,0	ANOVA				
6	32,9		<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>
7	29,9		Entre grupos	1,672205	1	1,672205	0,393214
8	26,8		Dentro dos grupos	55,28454	13	4,252657	4,667193
9	29,1						
10	32,7		Total	56,95675	14		
F calculado < F crítico							
Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental							
Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%							
<b>R M/E = 1,02</b>							

Tabela B.47 – Análise nº 47 – Moldado cura tanque externo x 50mm ortogonal ao lançamento (fck 30).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos									
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 02 - fck 30									
Cura em tanque ambiente x Extração na direção ortogonal à concretagem									
n	M3	E2 5x10	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância		
1	30,4	29,0	M3	10	308,637	30,8637	3,657885		
2	31,6	31,5	E2 5x10	8	256,2126	32,02657	5,711402		
3	32,0	30,4	ANOVA						
4	31,0	35,1							
5	32,4	32,1							
6	32,9	30,4		<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	29,9	36,0		Entre grupos	6,010077	1	6,010077	1,31907	4,493998
8	26,8	31,8	Dentro dos grupos	72,90078	16	4,556299			
9	29,1								
10	32,7		Total	78,91086	17				
F calculado < F crítico									
Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental									
Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%									
<b>R M/E = 0,96</b>									

Tabela B.48 – Análise nº 48 – Moldado cura tanque externo x 25mm ortogonal ao lançamento (fck 30).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos									
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 02 - fck 30									
Cura em tanque ambiente x Extração na direção ortogonal à concretagem									
n	M3	E2 2,5x5	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância		
1	30,4	29,15	M3	10	308,637	30,8637	3,657885		
2	31,6	39,41	E2 2,5x5	9	319,9394	35,54883	19,4001		
3	32,0	38,41	ANOVA						
4	31,0	30,12							
5	32,4	39,74							
6	32,9	32,55		<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	29,9	41,03		Entre grupos	103,9755	1	103,9755	9,395956	4,451322
8	26,8	36,14	Dentro dos grupos	188,1218	17	11,06599			
9	29,1	33,39							
10	32,7		Total	292,0973	18				
F calculado > F crítico									
Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental									
São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%									
<b>R M/E = 0,87</b>									

Tabela B.49 – Análise nº 49 – Moldado cura normalizada x 100mm direção de lançamento (fck 40).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 03 - fck 40								
Cura em tanque normalizado x Extração na mesma direção de concretagem								
n	M1	E1 10x20	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	44,5	38,5	M1	8	334,5598	41,81997	6,529059	
2	39,7	37,3	E1 10x20	10	400,8746	40,08746	58,19403	
3	39,6	34,3						
4	42,1	51,1						
5	44,4	51,2	ANOVA					
6	39,5	35,4	<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	39,6	36,3	Entre grupos	13,34038	1	13,34038	0,374829	4,493998
8	45,2	37,1	Dentro dos grupos	569,4497	16	35,5906		
9		49,6						
10		30,0	Total	582,7901	17			
			F calculado < F crítico					
			Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental					
			Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%					
<b>R M/E = 1,04</b>								

Tabela B.50 – Análise nº 50 – Moldado cura normalizada x 75mm direção de lançamento (fck 40).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 03 - fck 40								
Cura em tanque normalizado x Extração na mesma direção de concretagem								
n	M1	E1 7,5x15	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	44,5	36,32	M1	8	334,5598	41,81997	6,529059	
2	39,7	51,00	E1 7,5x15	10	411,6402	41,16402	43,13192	
3	39,6	41,82						
4	42,1	42,65						
5	44,4	51,51	ANOVA					
6	39,5	37,99	<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	39,6	31,97	Entre grupos	1,91232	1	1,91232	0,070518	4,493998
8	45,2	45,00	Dentro dos grupos	433,8907	16	27,11817		
9		34,58						
10		38,81	Total	435,803	17			
			F calculado < F crítico					
			Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental					
			Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%					
<b>R M/E = 1,02</b>								

Tabela B.51 – Análise nº 51 – Moldado cura normalizada x 50mm direção de lançamento (fck 40).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos							
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 03 - fck 40							
Cura em tanque normalizado x Extração na mesma direção de concretagem							
n	M1	E1 5x10	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
1	44,5	40,26	M1	8	334,5598	41,81997	6,529059
2	39,7	38,91	E1 5x10	6	241,2121	40,20201	1,694714
3	39,6	39,12					
4	42,1	40,04					
5	44,4	40,30	ANOVA				
6	39,5	42,57	<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i> <i>F crítico</i>
7	39,6		Entre grupos	8,975328	1	8,975328	1,988002 4,747225
8	45,2		Dentro dos grupos	54,17698	12	4,514748	
			Total	63,15231	13		
			F calculado < F crítico				
			Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental				
			Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%				
<b>RM/E = 1,04</b>							

Tabela B.52 – Análise nº 52 – Moldado cura normalizada x 25mm direção de lançamento (fck 40).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos							
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 03 - fck 40							
Cura em tanque normalizado x Extração na mesma direção de concretagem							
n	M1	E1 2,5x5	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
1	44,5	55,67	M1	8	334,5598	41,81997	6,529059
2	39,7	52,11	E1 2,5x5	11	556,1662	50,56057	9,565089
3	39,6	47,38					
4	42,1	52,92					
5	44,4	46,57	ANOVA				
6	39,5	48,68	<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i> <i>F crítico</i>
7	39,6	48,84	Entre grupos	353,8433	1	353,8433	42,55503 4,451322
8	45,2	49,33	Dentro dos grupos	141,3543	17	8,314959	
9		47,70					
10		54,54	Total	495,1976	18		
11		52,43	F calculado > F crítico				
			Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental				
			São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%				
<b>RM/E = 0,83</b>							

Tabela B.53 – Análise nº 53 – Moldado cura ao ar x 100mm direção de lançamento (fck 40).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 03 - fck 40								
Cura ao ar x Extração na mesma direção de concretagem								
n	M2	E1 10x20	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	38,48	38,5	M2	8	321,4235	40,17794	18,50258	
2	42,82	37,3	E1 10x20	10	400,8746	40,08746	58,19403	
3	36,35	34,3	ANOVA					
4	35,22	51,1						
5	41,92	51,2						
6	48,74	35,4						
7	39,67	36,3						
8	38,22	37,1	Entre grupos	0,036378	1	0,036378	0,000891	4,493998
9		49,6	Dentro dos grupos	653,2643	16	40,82902		
10		30,0	Total	653,3007	17			
F calculado < F crítico								
Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental								
Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R M/E = 1,00</b>								

Tabela B.54 – Análise nº 54 – Moldado cura ao ar x 75mm direção de lançamento (fck 40).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 03 - fck 40								
Cura ao ar x Extração na mesma direção de concretagem								
n	M2	E1 7,5x15	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	38,48	36,3	M2	8	321,4235	40,17794	18,50258	
2	42,82	51,0	E1 7,5x15	10	411,6402	41,16402	43,13192	
3	36,35	41,8	ANOVA					
4	35,22	42,6						
5	41,92	51,5						
6	48,74	38,0						
7	39,67	32,0						
8	38,22	45,0	Entre grupos	4,321629	1	4,321629	0,133563	4,493998
9		34,6	Dentro dos grupos	517,7053	16	32,35658		
10		38,8	Total	522,0269	17			
F calculado < F crítico								
Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental								
Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R M/E = 0,98</b>								

Tabela B.55 – Análise nº 55 – Moldado cura ao ar x 50mm direção de lançamento (fck 40).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 03 - fck 40								
Cura ao ar x Extração na mesma direção de concretagem								
n	M2	E1 5x10	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	38,48	40,26	M2	8	321,4235	40,17794	18,50258	
2	42,82	38,91	E1 5x10	6	241,2121	40,20201	1,694714	
3	36,35	39,12	ANOVA					
4	35,22	40,04						
5	41,92	40,30						
6	48,74	42,57						
8	38,22							
			Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico
			Entre grupos	0,001987	1	0,001987	0,000173	4,747225
			Dentro dos grupos	137,9916	12	11,4993		
			Total	137,9936	13			
F calculado < F crítico								
Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental								
Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R M/E = 1,00</b>								

Tabela B.56 – Análise nº 56 – Moldado cura ao ar x 25mm direção de lançamento (fck 40).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 03 - fck 40								
Cura ao ar x Extração na mesma direção de concretagem								
n	M2	E1 2,5x5	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	38,48	55,67	M2	8	321,4235	40,17794	18,50258	
2	42,82	52,11	E1 2,5x5	11	556,1662	50,56057	9,565089	
3	36,35	47,38	ANOVA					
4	35,22	52,92						
5	41,92	46,57						
6	48,74	48,68						
8	38,22	49,33						
			Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico
			Entre grupos	499,2798	1	499,2798	37,69506	4,451322
			Dentro dos grupos	225,1689	17	13,24523		
			Total	724,4488	18			
F calculado > F crítico								
Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental								
São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R M/E = 0,79</b>								

Tabela B.57 – Análise nº 57 – Moldado cura tanque externo x 100mm direção de lançamento (fck 40).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 03 - fck 40								
Cura em tanque ambiente x Extração na mesma direção de concretagem								
n	M3	E1 10x20	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	40,23	38,5	M2	8	326,9165	40,86456	8,710855	
2	37,85	37,3	E1 10x20	10	400,8746	40,08746	58,19403	
3	43,73	34,3						
4	42,46	51,1						
5	42,14	51,2	ANOVA					
6	43,70	35,4	<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	35,32	36,3	Entre grupos	2,683913	1	2,683913	0,073441	4,493998
8	41,48	37,1	Dentro dos grupos	584,7222	16	36,54514		
9		49,6						
10		30,0	Total	587,4062	17			
			F calculado < F crítico					
			Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental					
			Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%					
<b>R M/E = 1,02</b>								

Tabela B.58 – Análise nº 58 – Moldado cura tanque externo x 75mm direção de lançamento (fck 40).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 03 - fck 40								
Cura em tanque ambiente x Extração na mesma direção de concretagem								
n	M3	E1 7,5x15	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	40,23	36,3	M2	8	326,9165	40,86456	8,710855	
2	37,85	51,0	E1 7,5x15	10	411,6402	41,16402	43,13192	
3	43,73	41,8						
4	42,46	42,6						
5	42,14	51,5	ANOVA					
6	43,70	38,0	<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	35,32	32,0	Entre grupos	0,398561	1	0,398561	0,014197	4,493998
8	41,48	45,0	Dentro dos grupos	449,1632	16	28,0727		
9		34,6						
10		38,8	Total	449,5618	17			
			F calculado < F crítico					
			Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental					
			Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%					
<b>R M/E = 0,99</b>								

Tabela B.59 – Análise nº 59 – Moldado cura tanque externo x 50mm direção de lançamento (fck 40).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 03 - fck 40								
Cura em tanque ambiente x Extração na mesma direção de concretagem								
n	M3	E1 5x10	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	40,23	40,26	M3	8	326,9165	40,86456	8,710855	
2	37,85	38,91	E1 5x10	6	241,2121	40,20201	1,694714	
3	43,73	39,12						
4	42,46	40,04						
5	42,14	40,30	ANOVA					
6	43,70	42,57	<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	35,32		Entre grupos	1,505056	1	1,505056	0,260055	4,747225
8	41,48		Dentro dos grupos	69,44956	12	5,787463		
			Total	70,95461	13			
			F calculado < F crítico					
			Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental					
			Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%					
<b>R M/E = 1,02</b>								

Tabela B.60 – Análise nº 60 – Moldado cura tanque externo x 25mm direção de lançamento (fck 40).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 03 - fck 40								
Cura em tanque ambiente x Extração na mesma direção de concretagem								
n	M3	E1 2,5x5	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	40,23	55,67	M3	8	326,9165	40,86456	8,710855	
2	37,85	52,11	E1 2,5x5	11	556,1662	50,56057	9,565089	
3	43,73	47,38						
4	42,46	52,92						
5	42,14	46,57	ANOVA					
6	43,70	48,68	<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	35,32	48,84	Entre grupos	435,4264	1	435,4264	47,2604	4,451322
8	41,48	49,33	Dentro dos grupos	156,6269	17	9,213346		
9		47,70						
10		54,54	Total	592,0533	18			
11		52,43	F calculado > F crítico					
			Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental					
			São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%					
<b>R M/E = 0,81</b>								

Tabela B.61 – Análise nº 61 – Moldado cura normalizada x 100mm ortogonal ao lançamento (fck 40).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 03 - fck 40								
Cura em tanque normalizado x Extração na direção ortogonal à concretagem								
n	M1	E2 10x20	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	44,5	33,00	M1	8	334,5598	41,81997	6,529059	
2	39,7	33,07	E2 10x20	5	182,5587	36,51175	37,37623	
3	39,6	43,92						
4	42,1	30,36						
5	44,4	42,21	ANOVA					
6	39,5		<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	39,6		Entre grupos	86,69923	1	86,69923	4,885506	4,844336
8	45,2		Dentro dos grupos	195,2083	11	17,74621		
			Total	281,9076	12			
F calculado > F crítico								
Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental								
São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R M/E = 1,15</b>								

Tabela B.62 – Análise nº 62 – Moldado cura normalizada x 75mm ortogonal ao lançamento (fck 40).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 03 - fck 40								
Cura em tanque normalizado x Extração na direção ortogonal à concretagem								
n	M1	E2 7,5x15	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	44,5	43,59	M1	8	334,5598	41,81997	6,529059	
2	39,7	28,61	E2 7,5x15	5	181,9006	36,38011	34,51727	
3	39,6	39,85						
4	42,1	32,75						
5	44,4	37,10	ANOVA					
6	39,5		<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	39,6		Entre grupos	91,05249	1	91,05249	5,450094	4,844336
8	45,2		Dentro dos grupos	183,7725	11	16,70659		
			Total	274,825	12			
F calculado > F crítico								
Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental								
São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R M/E = 1,15</b>								

Tabela B.63 – Análise nº 63 – Moldado cura normalizada x 50mm ortogonal ao lançamento (fck 40).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 03 - fck 40								
Cura em tanque normalizado x Extração na direção ortogonal à concretagem								
n	M1	E2 5x10	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	44,5	39,34	44,48702751	7	290,0728	41,43897	6,262344	
2	39,7	36,10	39,33652032	3	126,9733	42,32443	36,29634	
3	39,6	48,12						
4	42,1	42,75						
5	44,4		ANOVA					
6	39,5		<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	39,6		Entre grupos	1,646491	1	1,646491	0,119564	5,317655
8	45,2		Dentro dos grupos	110,1668	8	13,77084		
			Total	111,8132	9			
			F calculado < F crítico					
			Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental					
			Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%					
<b>R M/E = 0,98</b>								

Tabela B.64 – Análise nº 64 – Moldado cura normalizada x 25mm ortogonal ao lançamento (fck 40).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 03 - fck 40								
Cura em tanque normalizado x Extração na direção ortogonal à concretagem								
n	M1	E2 2,5x5	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	44,5	49,2	M1	8	334,5598	41,81997	6,529059	
2	39,7	49,5	E2 2,5x5	7	356,2176	50,88823	2,3446	
3	39,6	50,1						
4	42,1	50,9						
5	44,4	51,3	ANOVA					
6	39,5	51,5	<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	39,6	53,7	Entre grupos	307,0042	1	307,0042	66,77241	4,667193
8	45,2		Dentro dos grupos	59,77101	13	4,59777		
			Total	366,7752	14			
			F calculado > F crítico					
			Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental					
			São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%					
<b>R M/E = 0,82</b>								

Tabela B.65 – Análise nº 65 – Moldado cura ao ar x 100mm ortogonal ao lançamento (fck 40).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 03 - fck 40								
Cura ao ar x Extração na direção ortogonal à concretagem								
n	M2	E2 10x20	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	38,48	33,00	M2	8	321,4235	40,17794	18,50258	
2	42,82	33,07	E2 10x20	5	182,5587	36,51175	37,37623	
3	36,35	43,92						
4	35,22	30,36						
5	41,92	42,21	ANOVA					
6	48,74		<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i> <i>F crítico</i>	
7	39,67		Entre grupos	41,3567	1	41,3567	1,630417    4,844336	
8	38,22		Dentro dos grupos	279,023	11	25,36572		
			Total	320,3797	12			
			F calculado < F crítico					
			Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental					
			Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%					
<b>R M/E = 1,10</b>								

Tabela B.66 – Análise nº 66 – Moldado cura ao ar x 75mm ortogonal ao lançamento (fck 40).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 03 - fck 40								
Cura ao ar x Extração na direção ortogonal à concretagem								
n	M2	E2 7,5x15	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	38,48	43,59	M2	8	321,4235	40,17794	18,50258	
2	42,82	28,61	E2 7,5x15	5	181,9006	36,38011	34,51727	
3	36,35	39,85						
4	35,22	32,75						
5	41,92	37,10	ANOVA					
6	48,74		<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i> <i>F crítico</i>	
7	39,67		Entre grupos	44,37982	1	44,37982	1,82437    4,844336	
8	38,22		Dentro dos grupos	267,5871	11	24,3261		
			Total	311,9669	12			
			F calculado < F crítico					
			Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental					
			Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%					
<b>R M/E = 1,10</b>								

Tabela B.67 – Análise nº 67 – Moldado cura ao ar x 50mm ortogonal ao lançamento (fck 40).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 03 - fck 40								
Cura ao ar x Extração na direção ortogonal à concretagem								
n	M2	E2 5x10	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	38,48	39,34	M2	8	321,4235	40,17794	18,50258	
2	42,82	36,10	E2 5x10	4	166,3098	41,57745	26,42946	
3	36,35	48,12						
4	35,22	42,75						
5	41,92		ANOVA					
6	48,74		<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	39,67		Entre grupos	5,223049	1	5,223049	0,250138	4,964603
8	38,22		Dentro dos grupos	208,8064	10	20,88064		
			Total	214,0295	11			
			F calculado < F crítico					
			Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental					
			Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%					
			<b>R M/E = 0,97</b>					

Tabela B.68 – Análise nº 68 – Moldado cura ao ar x 25mm ortogonal ao lançamento (fck 40).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 03 - fck 40								
Cura ao ar x Extração na direção ortogonal à concretagem								
n	M2	E2 2,5x5	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	38,48	49,2	M2	8	321,4235	40,17794	18,50258	
2	42,82	49,5	E2 2,5x5	7	356,2176	50,88823	2,3446	
3	36,35	50,1						
4	35,22	50,9						
5	41,92	51,3	ANOVA					
6	48,74	51,5	<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	39,67	53,7	Entre grupos	428,2521	1	428,2521	38,77322	4,667193
8	38,22		Dentro dos grupos	143,5856	13	11,04505		
			Total	571,8378	14			
			F calculado > F crítico					
			Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental					
			São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%					
			<b>R M/E = 0,79</b>					

Tabela B.69 – Análise nº 69 – Moldado cura tanque externo x 100mm ortogonal ao lançamento (fck 40).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 03 - fck 40								
Cura em tanque ambiente x Extração na direção ortogonal à concretagem								
n	M3	E2 10x20	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	40,23	33,00	M3	8	326,9165	40,86456	8,710855	
2	37,85	33,07	E2 10x20	5	182,5587	36,51175	37,37623	
3	43,73	43,92						
4	42,46	30,36						
5	42,14	42,21	ANOVA					
6	43,70		<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	35,32		Entre grupos	58,29842	1	58,29842	3,046749	4,844336
8	41,48		Dentro dos grupos	210,4809	11	19,13463		
			Total	268,7793	12			
			F calculado < F crítico					
			Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental					
			Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%					
<b>RM/E = 1,12</b>								

Tabela B.70 – Análise nº 70 – Moldado cura tanque externo x 75mm ortogonal ao lançamento (fck 40).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 03 - fck 40								
Cura em tanque ambiente x Extração na direção ortogonal à concretagem								
n	M3	E2 7,5x15	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	40,23	43,59	M3	8	326,9165	40,86456	8,710855	
2	37,85	28,61	E2 7,5x15	5	181,9006	36,38011	34,51727	
3	43,73	39,85						
4	42,46	32,75						
5	42,14	37,10	ANOVA					
6	43,70		<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	35,32		Entre grupos	61,87774	1	61,87774	3,419603	4,844336
8	41,48		Dentro dos grupos	199,0451	11	18,09501		
			Total	260,9228	12			
			F calculado < F crítico					
			Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental					
			Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%					
<b>RM/E = 1,12</b>								

Tabela B.71 – Análise nº 71 – Moldado cura tanque externo x 50mm ortogonal ao lançamento (fck 40).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 03 - fck 40								
Cura em tanque ambiente x Extração na direção ortogonal à concretagem								
n	M3	E2 5x10	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	40,23	39,34	M3	8	326,9165	40,86456	8,710855	
2	37,85	36,10	E2 5x10	4	166,3098	41,57745	26,42946	
3	43,73	48,12						
4	42,46	42,75						
5	42,14		ANOVA					
6	43,70		<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	35,32		Entre grupos	1,355228	1	1,355228	0,09662	4,964603
8	41,48		Dentro dos grupos	140,2644	10	14,02644		
			Total	141,6196	11			
			F calculado < F crítico					
			Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental					
			Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%					
			<b>R M/E = 0,98</b>					

Tabela B.72 – Análise nº 72 – Moldado cura tanque externo x 25mm ortogonal ao lançamento (fck 40).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 03 - fck 40								
Cura em tanque ambiente x Extração na direção ortogonal à concretagem								
n	M3	E2 2,5x5	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	40,23	49,16	M3	8	326,9165	40,86456	8,710855	
2	37,85	49,49	E2 2,5x5	7	356,2176	50,88823	2,3446	
3	43,73	50,14						
4	42,46	50,95						
5	42,14	51,30	ANOVA					
6	43,70	51,46	<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	35,32	53,73	Entre grupos	375,1026	1	375,1026	64,98002	4,667193
8	41,48		Dentro dos grupos	75,04359	13	5,772584		
			Total	450,1462	14			
			F calculado > F crítico					
			Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental					
			São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%					
			<b>R M/E = 0,80</b>					

Tabela B.73 – Análise nº 73 – Moldado cura normalizada x 100mm direção de lançamento (fck 45).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 04 - fck 45								
Cura em tanque normalizado x Extração na mesma direção de concretagem								
n	M1	E1 10x20	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	43,23	42,54	M1	10	443,7433	44,37433	7,072208	
2	44,96	46,39	E1 10x20	7	307,3095	43,90135	6,82462	
3	40,57	45,21	ANOVA					
4	43,40	38,78						
5	48,82	45,36						
6	46,90	45,52						
7	47,50	43,50						
8	43,06		Entre grupos	0,921147	1	0,921147	0,132099	4,543077
9	43,87		Dentro dos grupos	104,5976	15	6,973173		
10	41,43		Total	105,5187	16			
			F calculado < F crítico					
			Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental					
			Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%					
<b>R M/E = 1,01</b>								

Tabela B.74 – Análise nº 74 – Moldado cura normalizada x 75mm direção de lançamento (fck 45).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 04 - fck 45								
Cura em tanque normalizado x Extração na mesma direção de concretagem								
n	M1	E1 7,5x15	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	43,23	39,80	M1	10	443,7433	44,37433	7,072208	
2	44,96	41,52	E1 7,5x15	6	257,4678	42,9113	10,17427	
3	40,57	43,90	ANOVA					
4	43,40	47,48						
5	48,82	39,48						
6	46,90	45,28						
7	47,50							
8	43,06		Entre grupos	8,026694	1	8,026694	0,981248	4,60011
9	43,87		Dentro dos grupos	114,5212	14	8,180088		
10	41,43		Total	122,5479	15			
			F calculado < F crítico					
			Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental					
			Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%					
<b>R M/E = 1,03</b>								

Tabela B.75 – Análise nº 75 – Moldado cura normalizada x 50mm direção de lançamento (fck 45).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 04 - fck 45								
Cura em tanque normalizado x Extração na mesma direção de concretagem								
n	M1	E1 5x10	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	43,23	63,06	M1	10	443,7433	44,37433	7,072208	
2	44,96	58,18	E1 5x10	11	687,5984	62,50894	6,339565	
3	40,57	62,49						
4	43,40	65,94						
5	48,82	61,39	ANOVA					
6	46,90	62,92	<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	47,50	63,20	Entre grupos	1722,621	1	1722,621	257,6227	4,38075
8	43,06	64,6	Dentro dos grupos	127,0455	19	6,686607		
9	43,87	59,0						
10	41,43	65,9	Total	1849,667	20			
11		60,9	F calculado > F crítico					
			Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental					
			São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%					
<b>R M/E = 0,71</b>								

Tabela B.76 – Análise nº 76 – Moldado cura normalizada x 25mm direção de lançamento (fck 45).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 04 - fck 45								
Cura em tanque normalizado x Extração na mesma direção de concretagem								
n	M1	E1 2,5x5	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	43,23	57,48	M1	10	443,7433	44,37433	7,072208	
2	44,96	67,40	E1 2,5x5	9	566,7553	62,97281	19,10417	
3	40,57	66,42						
4	43,40	63,83						
5	48,82	54,38	ANOVA					
6	46,90	65,94	<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	47,50	62,02	Entre grupos	1638,489	1	1638,489	128,6673	4,451322
8	43,06	65,45	Dentro dos grupos	216,4832	17	12,73431		
9	43,87	63,83						
10	41,43		Total	1854,972	18			
			F calculado > F crítico					
			Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental					
			São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%					
<b>R M/E = 0,70</b>								

Tabela B.77 – Análise nº 77 – Moldado cura ao ar x 100mm direção de lançamento (fck 45).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 04 - fck 45								
Cura ao ar x Extração na mesma direção de concretagem								
n	M2	E1 10x20	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	40,12	42,54	M2	10	418,5276	41,85276	3,176397	
2	43,05	46,39	E1 10x20	7	307,3095	43,90135	6,82462	
3	43,47	45,21						
4	44,06	38,78						
5	41,68	45,36	ANOVA					
6	39,67	45,52	<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	39,27	43,50	Entre grupos	17,28078	1	17,28078	3,727771	4,543077
8	40,89		Dentro dos grupos	69,53529	15	4,635686		
9	42,50							
10	43,81		Total	86,81607	16			
			F calculado < F crítico					
			Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental					
			Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%					
<b>R M/E = 0,95</b>								

Tabela B.78 – Análise nº 78 – Moldado cura ao ar x 75mm direção de lançamento (fck 45).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 04 - fck 45								
Cura ao ar x Extração na mesma direção de concretagem								
n	M2	E1 7,5x15	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	40,12	39,80	M2	10	418,5276	41,85276	3,176397	
2	43,05	41,52	E1 7,5x15	6	257,4678	42,9113	10,17427	
3	43,47	43,90						
4	44,06	47,48						
5	41,68	39,48	ANOVA					
6	39,67	45,28	<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	39,27		Entre grupos	4,201966	1	4,201966	0,740351	4,60011
8	40,89		Dentro dos grupos	79,45894	14	5,675639		
9	42,50							
10	43,81		Total	83,66091	15			
			F calculado < F crítico					
			Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental					
			Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%					
<b>R M/E = 0,98</b>								

Tabela B.79 – Análise nº 79 – Moldado cura ao ar x 50mm direção de lançamento (fck 45).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos									
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 04 - fck 45									
Cura ao ar x Extração na mesma direção de concretagem									
n	M2	E1 5x10	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância		
1	40,12	63,06	M2	10	418,5276	41,85276	3,176397		
2	43,05	58,18	E1 5x10	11	687,5984	62,50894	6,339565		
3	43,47	62,49							
4	44,06	65,94							
5	41,68	61,39	ANOVA						
6	39,67	62,92	Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico	
7	39,27	63,20	Entre grupos	2234,98	1	2234,98	461,6562	4,38075	
8	40,89	64,6	Dentro dos grupos	91,98323	19	4,841223			
9	42,50	59,0							
10	43,81	65,9	Total	2326,964	20				
11		60,9	F calculado > F crítico						
			Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental						
			São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%						
<b>R M/E = 0,67</b>									

Tabela B.80 – Análise nº 80 – Moldado cura ao ar x 25mm direção de lançamento (fck 45).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos									
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 04 - fck 45									
Cura ao ar x Extração na mesma direção de concretagem									
n	M2	E1 2,5x5	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância		
1	40,12	57,48	M2	10	418,5276	41,85276	3,176397		
2	43,05	67,40	E1 2,5x5	9	566,7553	62,97281	19,10417		
3	43,47	66,42							
4	44,06	63,83							
5	41,68	54,38	ANOVA						
6	39,67	65,94	Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico	
7	39,27	62,02	Entre grupos	2112,9	1	2112,9	197,9887	4,451322	
8	40,89	65,45	Dentro dos grupos	181,4209	17	10,67182			
9	42,50	63,83							
10	43,81		Total	2294,32	18				
			F calculado > F crítico						
			Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental						
			São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%						
<b>R M/E = 0,66</b>									

Tabela B.81 – Análise nº 81 – Moldado cura tanque externo x 100mm direção de lançamento (fck 45).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos							
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 04 - fck 45							
Cura em tanque ambiente x Extração na mesma direção de concretagem							
n	M3	E1 10x20	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
1	45,17	42,54	M3	9	422,5628	46,95142	5,724672
2	49,17	46,39	E1 10x20	7	307,3095	43,90135	6,82462
3	48,46	45,21					
4	49,08	38,78					
5	42,23	45,36	ANOVA				
6	48,52	45,52	<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i> <i>F crítico</i>
7	44,72	43,50	Entre grupos	36,63014	1	36,63014	5,911827 4,60011
8	48,01		Dentro dos grupos	86,7451	14	6,196078	
9	47,19		Total	123,3752	15		
F calculado > F crítico							
Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental							
São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%							
<b>R M/E = 1,07</b>							

Tabela B.82 – Análise nº 82 – Moldado cura tanque externo x 75mm direção de lançamento (fck 45).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos							
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 04 - fck 45							
Cura em tanque ambiente x Extração na mesma direção de concretagem							
n	M3	E1 7,5x15	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
1	45,17	39,80	M3	9	422,5628	46,95142	5,724672
2	49,17	41,52	E1 7,5x15	6	257,4678	42,9113	10,17427
3	48,46	43,90					
4	49,08	47,48					
5	42,23	39,48	ANOVA				
6	48,52	45,28	<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i> <i>F crítico</i>
7	44,72		Entre grupos	58,76113	1	58,76113	7,902189 4,667193
8	48,01		Dentro dos grupos	96,66875	13	7,436057	
9	47,19		Total	155,4299	14		
F calculado > F crítico							
Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental							
São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%							
<b>R M/E = 1,09</b>							

Tabela B.83 – Análise nº 83 – Moldado cura tanque externo x 50mm direção de lançamento (fck 45).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 04 - fck 45								
Cura em tanque ambiente x Extração na mesma direção de concretagem								
n	M3	E1 5x10	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	45,17	63,06	M3	9	422,5628	46,95142	5,724672	
2	49,17	58,18	E1 5x10	11	687,5984	62,50894	6,339565	
3	48,46	62,49						
4	49,08	65,94						
5	42,23	61,39	ANOVA					
6	48,52	62,92	<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	44,72	63,20	Entre grupos	1198,081	1	1198,081	197,4984	4,413873
8	48,01	64,6	Dentro dos grupos	109,193	18	6,06628		
9	47,19	59,0						
10		65,9	Total	1307,274	19			
11		60,9	F calculado > F crítico					
			Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental					
			São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%					
<b>RM/E = 0,75</b>								

Tabela B.84 – Análise nº 84 – Moldado cura tanque externo x 25mm direção de lançamento (fck 45).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 04 - fck 45								
Cura em tanque ambiente x Extração na mesma direção de concretagem								
n	M3	E1 2,5x5	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	45,17	57,48	M3	9	422,5628	46,95142	5,724672	
2	49,17	67,40	E1 2,5x5	9	566,7553	62,97281	19,10417	
3	48,46	66,42						
4	49,08	63,83						
5	42,23	54,38	ANOVA					
6	48,52	65,94	<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	44,72	62,02	Entre grupos	1155,082	1	1155,082	93,04355	4,493998
8	48,01	65,45	Dentro dos grupos	198,6307	16	12,41442		
9	47,19	63,83						
			Total	1353,713	17			
			F calculado > F crítico					
			Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental					
			São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%					
<b>RM/E = 0,75</b>								

Tabela B.85 – Análise nº 85 – Moldado cura normalizada x 100mm ortogonal ao lançamento (fck 45).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 04 - fck 45								
Cura em tanque normalizado x Extração na direção ortogonal à concretagem								
n	M1	E2 10x20	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	43,23	50,18	M1	10	443,7433	44,37433	7,072208	
2	44,96	51,14	E2 10x20	4	193,0613	48,26534	11,23772	
3	40,57	43,60	ANOVA					
4	43,40	48,14						
5	48,82							
6	46,90							
			Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico
7	47,50		Entre grupos	43,25692	1	43,25692	5,331419	4,747225
8	43,06		Dentro dos grupos	97,36302	12	8,113585		
9	43,87							
10	41,43		Total	140,6199	13			
			F calculado > F crítico					
			Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental					
			São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%					
<b>R M/E = 0,92</b>								

Tabela B.86 – Análise nº 86 – Moldado cura normalizada x 75mm ortogonal ao lançamento (fck 45).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 04 - fck 45								
Cura em tanque normalizado x Extração na direção ortogonal à concretagem								
n	M1	E2 7,5x15	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	43,23	35,51	M1	10	443,7433	44,37433	7,072208	
2	44,96	34,83	E2 7,5x15	5	174,7312	34,94623	5,256468	
3	40,57	36,17	ANOVA					
4	43,40	31,13						
5	48,82	37,09						
6	46,90							
			Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico
7	47,50		Entre grupos	296,2969	1	296,2969	45,48954	4,667193
8	43,06		Dentro dos grupos	84,67574	13	6,513519		
9	43,87							
10	41,43		Total	380,9727	14			
			F calculado > F crítico					
			Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental					
			São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%					
<b>R M/E = 1,27</b>								

Tabela B.87 – Análise nº 87 – Moldado cura normalizada x 50mm ortogonal ao lançamento (fck 45).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 04 - fck 45								
Cura em tanque normalizado x Extração na direção ortogonal à concretagem								
n	M1	E2 5x10	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	43,23	53,17	M1	10	443,7433	44,37433	7,072208	
2	44,96	49,19	E2 5x10	6	354,8076	59,1346	44,74214	
3	40,57	61,42						
4	43,40	59,86						
5	48,82	65,87	ANOVA					
6	46,90	65,30	<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	47,50		Entre grupos	816,9962	1	816,9962	39,80346	4,60011
8	43,06		Dentro dos grupos	287,3606	14	20,52576		
9	43,87							
10	41,43		Total	1104,357	15			
F calculado > F crítico								
Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental								
São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R M/E = 0,75</b>								

Tabela B.88 – Análise nº 88 – Moldado cura normalizada x 25mm ortogonal ao lançamento (fck 45).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 04 - fck 45								
Cura em tanque normalizado x Extração na direção ortogonal à concretagem								
n	M1	E2 2,5x5	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	43,23	63,83	M1	10	443,7433	44,37433	7,072208	
2	44,96	58,46	E2 2,5x5	8	489,0935	61,13669	35,77001	
3	40,57	64,64						
4	43,40	69,02						
5	48,82	51,46	ANOVA					
6	46,90	56,97	<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	47,50	57,48	Entre grupos	1248,785	1	1248,785	63,62426	4,493998
8	43,06	67,2	Dentro dos grupos	314,0399	16	19,62749		
9	43,87							
10	41,43		Total	1562,825	17			
F calculado > F crítico								
Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental								
São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R M/E = 0,73</b>								

Tabela B.89 – Análise nº 89 – Moldado cura ao ar x 100mm ortogonal ao lançamento (fck 45).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 04 - fck 45								
Cura ao ar x Extração na direção ortogonal à concretagem								
n	M2	E2 10x20	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	40,12	50,18	M2	10	418,5276	41,85276	3,176397	
2	43,05	51,14	E2 10x20	4	193,0613	48,26534	11,23772	
3	43,47	43,60						
4	44,06	48,14						
5	41,68		ANOVA					
6	39,67		<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	39,27		Entre grupos	117,4892	1	117,4892	22,63007	4,747225
8	40,89		Dentro dos grupos	62,30072	12	5,191727		
9	42,50							
10	43,81		Total	179,7899	13			
F calculado > F crítico								
Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental								
São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R M/E = 0,87</b>								

Tabela B.90 – Análise nº 90 – Moldado cura ao ar x 75mm ortogonal ao lançamento (fck 45).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 04 - fck 45								
Cura ao ar x Extração na direção ortogonal à concretagem								
n	M2	E2 7,5x15	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	40,12	35,51	M2	10	418,5276	41,85276	3,176397	
2	43,05	34,83	E2 7,5x15	5	174,7312	34,94623	5,256468	
3	43,47	36,17						
4	44,06	31,13						
5	41,68	37,09	ANOVA					
6	39,67		<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	39,27		Entre grupos	159,0003	1	159,0003	41,66216	4,667193
8	40,89		Dentro dos grupos	49,61344	13	3,816419		
9	42,50							
10	43,81		Total	208,6137	14			
F calculado > F crítico								
Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental								
São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R M/E = 1,20</b>								

Tabela B.91 – Análise nº 91 – Moldado cura ao ar x 50mm ortogonal ao lançamento (fck 45).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 04 - fck 45								
Cura ao ar x Extração na direção ortogonal à concretagem								
n	M2	E2 5x10	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	40,12	53,17	M2	10	418,5276	41,85276	3,176397	
2	43,05	49,19	E2 5x10	6	354,8076	59,1346	44,74214	
3	43,47	61,42						
4	44,06	59,86						
5	41,68	65,87	ANOVA					
6	39,67	65,30	<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	39,27		Entre grupos	1119,984	1	1119,984	62,14775	4,60011
8	40,89		Dentro dos grupos	252,2983	14	18,02131		
9	42,50							
10	43,81		Total	1372,282	15			
F calculado > F crítico								
Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental								
São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R M/E = 0,71</b>								

Tabela B.92 – Análise nº 92 – Moldado cura ao ar x 25mm ortogonal ao lançamento (fck 45).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 04 - fck 45								
Cura ao ar x Extração na direção ortogonal à concretagem								
n	M2	E2 2,5x5	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	40,12	63,83	M2	10	418,5276	41,85276	3,176397	
2	43,05	58,46	E2 2,5x5	8	489,0935	61,13669	35,77001	
3	43,47	64,64						
4	44,06	69,02						
5	41,68	51,46	ANOVA					
6	39,67	56,97	<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	39,27	57,48	Entre grupos	1652,756	1	1652,756	94,7893	4,493998
8	40,89	67,2	Dentro dos grupos	278,9776	16	17,4361		
9	42,50							
10	43,81		Total	1931,733	17			
F calculado > F crítico								
Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental								
São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R M/E = 0,68</b>								

Tabela B.93 – Análise nº 93 – Moldado tanque externo x 100mm ortogonal ao lançamento (fck 45).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 04 - fck 45								
Cura em tanque ambiente x Extração na direção ortogonal à concretagem								
n	M3	E2 10x20	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	45,17	50,18	M3	9	422,5628	46,95142	5,724672	
2	49,17	51,14	E2 10x20	4	193,0613	48,26534	11,23772	
3	48,46	43,60						
4	49,08	48,14						
5	42,23		ANOVA					
6	48,52		<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	44,72		Entre grupos	4,780743	1	4,780743	0,661399	4,844336
8	48,01		Dentro dos grupos	79,51052	11	7,228229		
9	47,19		Total	84,29127	12			
F calculado < F crítico								
Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental								
Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>RM/E = 0,97</b>								

Tabela B.94 – Análise nº 94 – Moldado tanque externo x 75mm ortogonal ao lançamento (fck 45).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 04 - fck 45								
Cura em tanque ambiente x Extração na direção ortogonal à concretagem								
n	M3	E2 7,5x15	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	45,17	35,51	M3	9	422,5628	46,95142	5,724672	
2	49,17	34,83	E2 7,5x15	5	174,7312	34,94623	5,256468	
3	48,46	36,17						
4	49,08	31,13						
5	42,23	37,09	ANOVA					
6	48,52		<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	44,72		Entre grupos	463,2575	1	463,2575	83,19095	4,747225
8	48,01		Dentro dos grupos	66,82325	12	5,568604		
9	47,19		Total	530,0807	13			
F calculado > F crítico								
Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental								
São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>RM/E = 1,34</b>								

Tabela B.95 – Análise nº 95 – Moldado tanque externo x 50mm ortogonal ao lançamento (fck 45).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 04 - fck 45								
Cura em tanque ambiente x Extração na direção ortogonal à concretagem								
n	M3	E2 5x10	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	45,17	53,17	M3	9	422,5628	46,95142	5,724672	
2	49,17	49,19	E2 5x10	6	354,8076	59,1346	44,74214	
3	48,46	61,42						
4	49,08	59,86						
5	42,23	65,87	ANOVA					
6	48,52	65,30	<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	44,72		Entre grupos	534,348	1	534,348	25,77482	4,667193
8	48,01		Dentro dos grupos	269,5081	13	20,73139		
9	47,19		Total	803,8561	14			
F calculado > F crítico								
Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental								
São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R M/E = 0,79</b>								

Tabela B.96 – Análise nº 96 – Moldado tanque externo x 25mm ortogonal ao lançamento (fck 45).

Corpos de prova moldados x Testemunhos Extraídos								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 04 - fck 45								
Cura em tanque ambiente x Extração na direção ortogonal à concretagem								
n	M3	E2 2,5x5	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	45,17	63,83	M3	9	422,5628	46,95142	5,724672	
2	49,17	58,46	E2 2,5x5	8	489,0935	61,13669	35,77001	
3	48,46	64,64						
4	49,08	69,02						
5	42,23	51,46	ANOVA					
6	48,52	56,97	<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	44,72	57,48	Entre grupos	852,2337	1	852,2337	43,16019	4,543077
8	48,01	67,2	Dentro dos grupos	296,1874	15	19,74583		
9	47,19		Total	1148,421	16			
F calculado > F crítico								
Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental								
São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R M/E = 0,77</b>								

Tabela B.97 – Análise nº 97 – Extraído paralelo 10x20 x Extraído ortogonal 10x20 (fck 20).

Testemunhos extraídos em diferentes direções								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 01 - fck 20								
Extração paralela à concretagem x Extração ortogonal à concretagem								
n	E1 10x20	E2 10x20	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	19,8	15,0	E1 10x20	10	203,5003	20,3500	0,7708	
2	20,5	18,3	E2 10x20	5	90,1736	18,0347	7,1121	
3	20,6	21,6	ANOVA					
4	20,5	19,4						
5	20,2	15,9						
6	21,1							
10	21,7							
			Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico
			Entre grupos	17,86898	1	17,8690	6,5647	4,6672
			Dentro dos grupos	35,38597	13	2,7220		
			Total	53,25495	14			
F calculado > F crítico								
Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental								
São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R E1/E2 = 1,13</b>								

Tabela B.98 – Análise nº 98 – Extraído paralelo 7,5x15 x Extraído ortogonal 7,5x15 (fck 20).

Testemunhos extraídos em diferentes direções								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 01 - fck 20								
Extração paralela à concretagem x Extração ortogonal à concretagem								
n	E1 7,5x15	E2 7,5x15	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	20,7	16,4	E1 7,5x15	10	205,4644	20,5464	2,9206	
2	19,7	16,5	E2 7,5x15	4	65,6667	16,4167	0,3030	
3	18,7	17,1	ANOVA					
4	19,0	15,7						
5	24,4							
6	20,7							
10	18,9							
			Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico
			Entre grupos	48,7284	1	48,7284	21,5020	4,7472
			Dentro dos grupos	27,1947	12	2,2662		
			Total	75,9232	13			
F calculado > F crítico								
Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental								
São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R E1/E2 = 1,25</b>								

Tabela B.99 – Análise nº 99 – Extraído paralelo 5x10 x Extraído ortogonal 5x10 (fck 20).

Testemunhos extraídos em diferentes direções									
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 01 - fck 20									
Extração paralela à concretagem x Extração ortogonal à concretagem									
n	E1 5x10	E2 5x10	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância		
1	23,8	14,1	E1 5x10	10	209,1575	20,9157	4,3746		
2	19,0	13,8	E2 5x10	6	113,3241	18,8874	19,0220		
3	20,5	20,8							
4	18,1	24,4							
5	20,9	22,2	ANOVA						
6	17,7	18,0	<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>	
7	22,9		Entre grupos	15,42893	1	15,4289	1,6062	4,6001	
8	21,9		Dentro dos grupos	134,4815	14	9,6058			
9	22,8								
10	21,6		Total	149,9105	15				
F calculado < F crítico									
Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental									
Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%									
<b>R E1/E2 = 1,11</b>									

Tabela B.100 – Análise nº 100 – Extraído paralelo 2,5x5 x Extraído ortogonal 2,5x5 (fck 20).

Testemunhos extraídos em diferentes direções									
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 01 - fck 20									
Extração paralela à concretagem x Extração ortogonal à concretagem									
n	E1 2,5x5	E2 2,5x5	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância		
1	27,5	27,1	E1 2,5x5	11	333,4590	30,3145	16,2388		
2	32,6	26,1	E2 2,5x5	7	177,7863	25,3980	4,6411		
3	29,0	26,8							
4	29,9	23,7							
5	25,8	21,3	ANOVA						
6	37,5	25,6	<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>	
7	25,8	27,1	Entre grupos	103,3987	1	103,3987	8,6965	4,4940	
8	32,9		Dentro dos grupos	190,2342	16	11,8896			
9	25,6								
10	31,9		Total	293,6328	17				
11	35,0		F calculado > F crítico						
Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental									
São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%									
<b>R E1/E2 = 1,19</b>									

Tabela B.101 – Análise nº 101 – Extraído paralelo 10x20 x Extraído ortogonal 10x20 (fck 30).

Testemunhos extraídos em diferentes direções								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 02 - fck 30								
Extração paralela à concretagem x Extração ortogonal à concretagem								
n	E1 10x20	E2 10x20	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	24,7	28,94	E1 10x20	10	279,9606	27,9961	8,7326	
2	32,3	27,26	E2 10x20	4	108,5008	27,1252	1,7454	
3	26,6	26,21	ANOVA					
4	28,5	26,09						
5	24,0							
6	28,6							
			Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico
7	24,4		Entre grupos	2,166841	1	2,1668	0,3102	4,7472
8	29,6		Dentro dos grupos	83,82949	12	6,9858		
9	31,7							
10	29,5		Total	85,99633	13			
F calculado < F crítico								
Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental								
Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R E1/E2 = 1,03</b>								

Tabela B.102 – Análise nº 102 – Extraído paralelo 7,5x15 x Extraído ortogonal 7,5x15 (fck 30).

Testemunhos extraídos em diferentes direções								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 02 - fck 30								
Extração paralela à concretagem x Extração ortogonal à concretagem								
n	E1 7,5x15	E2 7,5x15	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	26,8	33,37	E1 7,5x15	10	289,7744	28,9774	11,0393	
2	23,9	28,37	E2 7,5x15	5	150,7771	30,1554	5,5909	
3	29,0	31,94	ANOVA					
4	26,0	29,05						
5	29,5	28,05						
6	29,5							
			Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico
7	32,0		Entre grupos	4,625442	1	4,6254	0,4940	4,6672
8	26,0		Dentro dos grupos	121,7169	13	9,3628		
9	33,5							
10	33,6		Total	126,3424	14			
F calculado < F crítico								
Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental								
Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R E1/E2 = 0,96</b>								

Tabela B.103 – Análise nº 103 – Extraído paralelo 5x10 x Extraído ortogonal 5x10 (fck 30).

Testemunhos extraídos em diferentes direções								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 02 - fck 30								
Extração paralela à concretagem x Extração ortogonal à concretagem								
n	E1 5x10	E2 5x10	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	38,1	28,99	E1 5x10	19	650,3685	34,2299	16,3284	
2	38,4	31,51	E2 5x10	8	256,2126	32,0266	5,7114	
3	29,7	30,37						
4	37,9	35,11						
5	32,2	32,15	ANOVA					
6	35,1	30,37	<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	34,5	35,96	Entre grupos	27,33045	1	27,3305	2,0464	4,2417
8	36,7	31,76	Dentro dos grupos	333,8913	25	13,3557		
9	38,9							
10	37,1		Total	361,2217	26			
11	40,3		F calculado < F crítico					
12	32,0		Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental					
13	33,9							
14	36,1		Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%					
15	33,4							
16	30,5							
17	24,4							
18	28,9							
19	32,4							
<b>R E1/E2 = 1,07</b>								

Tabela B.104 – Análise nº 104 – Extraído paralelo 2,5x5 x Extraído ortogonal 2,5x5 (fck 30).

Testemunhos extraídos em diferentes direções								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 02 - fck 30								
Extração paralela à concretagem x Extração ortogonal à concretagem								
n	E1 2,5x5	E2 2,5x5	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	32,6	29,15	E1 2,5x5	11	402,6256	36,6023	21,0182	
2	35,0	39,41	E2 2,5x5	9	319,9394	35,5488	19,4001	
3	42,8	38,41						
4	36,8	30,12						
5	39,9	39,74	ANOVA					
6	44,6	32,55	<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	33,9	41,03	Entre grupos	5,493804	1	5,4938	0,2706	4,4139
8	38,7	36,14	Dentro dos grupos	365,3823	18	20,2990		
9	33,5	33,39						
10	29,1		Total	370,8762	19			
11	35,7		F calculado < F crítico					
			Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental					
			Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%					
<b>R E1/E2 = 1,03</b>								

Tabela B.105 – Análise nº 105 – Extraído paralelo 10x20 x Extraído ortogonal 10x20 (fck 40).

Testemunhos extraídos em diferentes direções								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 03 - fck 40								
Extração paralela à concretagem x Extração ortogonal à concretagem								
n	E1 10x20	E2 10x20	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	38,5	33,00	E1 10x20	10	400,8746	40,0875	58,1940	
2	37,3	33,07	E2 10x20	5	182,5587	36,5117	37,3762	
3	34,3	43,92	ANOVA					
4	51,1	30,36						
5	51,2	42,21						
6	35,4							
7	36,3							
8	37,1							
9	49,6							
10	30,0							
			<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
			Entre grupos	42,61915	1	42,6191	0,8229	4,6672
			Dentro dos grupos	673,2512	13	51,7886		
			Total	715,8703	14			
F calculado < F crítico								
Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental								
Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R E1/E2 = 1,10</b>								

Tabela B.106 – Análise nº 106 – Extraído paralelo 7,5x15 x Extraído ortogonal 7,5x15 (fck 40).

Testemunhos extraídos em diferentes direções								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 03 - fck 40								
Extração paralela à concretagem x Extração ortogonal à concretagem								
n	E1 7,5x15	E2 7,5x15	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	36,32	43,59	E1 7,5x15	10	411,6402	41,1640	43,1319	
2	51,00	28,61	E2 7,5x15	5	181,9006	36,3801	34,5173	
3	41,82	39,85	ANOVA					
4	42,65	32,75						
5	51,51	37,10						
6	37,99							
7	31,97							
8	45,00							
9	34,58							
10	38,81							
			<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
			Entre grupos	76,28589	1	76,2859	1,8845	4,6672
			Dentro dos grupos	526,2563	13	40,4813		
			Total	602,5422	14			
F calculado < F crítico								
Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental								
Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R E1/E2 = 1,13</b>								

Tabela B.107 – Análise nº 107 – Extraído paralelo 5x10 x Extraído ortogonal 5x10 (fck 40).

Testemunhos extraídos em diferentes direções								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 03 - fck 40								
Extração paralela à concretagem x Extração ortogonal à concretagem								
n	E1 5x10	E2 5x10	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	40,26	39,34	E1 5x10	6	241,2121	40,2020	1,6947	
2	38,91	36,10	E2 5x10	4	166,3098	41,5775	26,4295	
3	39,12	48,12	ANOVA					
4	40,04	42,75						
5	40,30							
6	42,57							
			Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico
			Entre grupos	4,540409	1	4,5404	0,4139	5,3177
			Dentro dos grupos	87,76195	8	10,9702		
			Total	92,30236	9			
F calculado < F crítico								
Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental								
Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R E1/E2 = 0,97</b>								

Tabela B.108 – Análise nº 108 – Extraído paralelo 2,5 x 5 x Extraído ortogonal 2,5x5 (fck 40).

Testemunhos extraídos em diferentes direções								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 03 - fck 40								
Extração paralela à concretagem x Extração ortogonal à concretagem								
n	E1 2,5x5	E2 2,5x5	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	55,67	49,2	E1 2,5x5	11	556,1662	50,5606	9,5651	
2	52,11	49,5	E2 2,5x5	7	356,2176	50,8882	2,3446	
3	47,38	50,1	ANOVA					
4	52,92	50,9						
5	46,57	51,3						
6	48,68	51,5						
			Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico
			Entre grupos	0,459271	1	0,4593	0,0670	4,4940
			Dentro dos grupos	109,7185	16	6,8574		
			Total	110,1778	17			
F calculado < F crítico								
Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental								
Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R E1/E2 = 0,99</b>								

Tabela B.109 – Análise nº 109 – Extraído paralelo 10x20 x Extraído ortogonal 10x20 (fck 45).

Testemunhos extraídos em diferentes direções								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 04 - fck 45								
Extração paralela à concretagem x Extração ortogonal à concretagem								
n	E1 10x20	E2 10x20	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	42,54	50,18	E1 10x20	7	307,3095	43,9014	6,8246	
2	46,39	51,14	E2 10x20	4	193,0613	48,2653	11,2377	
3	45,21	43,60						
4	38,78	48,14						
5	45,36							
ANOVA								
6	45,52		<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	43,50		Entre grupos	48,4765	1	48,4765	5,8436	5,1174
			Dentro dos grupos	74,66087	9	8,2957		
			Total	123,1374	10			
F calculado > F crítico								
Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental								
São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R E1/E2 = 0,91</b>								

Tabela B.110 – Análise nº 110 – Extraído paralelo 7,5x15 x Extraído ortogonal 7,5x15 (fck 45).

Testemunhos extraídos em diferentes direções								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 04 - fck 45								
Extração paralela à concretagem x Extração ortogonal à concretagem								
n	E1 7,5x15	E2 7,5x15	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	39,80	35,51	E1 7,5x15	6	257,4678	42,9113	10,1743	
2	41,52	34,83	E2 7,5x15	5	174,7312	34,9462	5,2565	
3	43,90	36,17						
4	47,48	31,13						
5	39,48	37,09						
ANOVA								
6	45,28		<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
			Entre grupos	173,0247	1	173,0247	21,6590	5,1174
			Dentro dos grupos	71,89724	9	7,9886		
			Total	244,9219	10			
F calculado > F crítico								
Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental								
São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R E1/E2 = 1,23</b>								

Tabela B.111 – Análise nº 111 – Extraído paralelo 5x10 x Extraído ortogonal 5x10 (fck 45).

Testemunhos extraídos em diferentes direções									
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 04 - fck 45									
Extração paralela à concretagem x Extração ortogonal à concretagem									
n	E1 5x10	E2 5x10	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância		
1	63,06	53,17	E1 5x10	11	687,5984	62,5089	6,3396		
2	58,18	49,19	E2 5x10	6	354,8076	59,1346	44,7421		
3	62,49	61,42	ANOVA						
4	65,94	59,86							
5	61,39	65,87							
6	62,92	65,30							
7	63,20								
			<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>	
			Entre grupos	44,20508	1	44,2051	2,3095	4,5431	
			Dentro dos grupos	287,1064	15	19,1404			
			Total	331,3115	16				
			F calculado < F crítico						
			Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental						
			Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%						
<b>R E1/E2 = 1,06</b>									

Tabela B.112 – Análise nº 112 – Extraído paralelo 2,5x5 x Extraído ortogonal 2,5x5 (fck 45).

Testemunhos extraídos em diferentes direções									
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 04 - fck 45									
Extração paralela à concretagem x Extração ortogonal à concretagem									
n	E1 2,5x5	E2 2,5x5	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância		
1	57,48	63,83	E1 2,5x5	9	566,7553	62,9728	19,1042		
2	67,40	58,46	E2 2,5x5	8	489,0935	61,1367	35,7700		
3	66,42	64,64	ANOVA						
4	63,83	69,02							
5	54,38	51,46							
6	65,94	56,97							
7	62,02	57,48							
			<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>	
			Entre grupos	14,27859	1	14,2786	0,5312	4,5431	
			Dentro dos grupos	403,2234	15	26,8816			
			Total	417,502	16				
			F calculado < F crítico						
			Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental						
			Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%						
<b>R E1/E2 = 1,03</b>									

Tabela B.113 – Análise nº 113 – Moldagens – Cura tanque normatizado x Cura ao ar (fck 20).

Comparativo tipo de cura (corpos de prova)									
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 01 - fck 20									
Cura em tanque normatizado x Cura ao ar									
n	M1	M2	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância		
1	21,64	19,41	M1	10	222,5492	22,25492	1,439747		
2	23,48	21,35	M2	10	209,2476	20,92476	1,688984		
3	21,06	21,31	ANOVA						
4	24,73	21,59							
5	21,61	21,51							
6	22,55	18,46		<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	22,72	19,62		Entre grupos	8,846604	1	8,846604	5,655076	4,413873
8	22,32	21,61	Dentro dos grupos	28,15857	18	1,564365			
9	20,66	21,80							
10	21,77	22,60	Total	37,00518	19				
F calculado > F crítico									
Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental									
São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%									
<b>R M1/M2 = 1,06</b>									

Tabela B.114 – Análise nº 114 – Moldagens – Cura tanque normatizado x Cura tanque externo (fck 20).

Comparativo tipo de cura (corpos de prova)									
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 01 - fck 20									
Cura em tanque normatizado x Cura em tanque ambiente									
n	M1	M3	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância		
1	21,64	23,66	M1	10	222,5492	22,25492	1,439747		
2	23,48	22,21	M3	10	219,7791	21,97791	3,24715		
3	21,06	21,92	ANOVA						
4	24,73	21,39							
5	21,61	21,84							
6	22,55	22,36		<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	22,72	22,48		Entre grupos	0,383649	1	0,383649	0,163711	4,413873
8	22,32	17,85	Dentro dos grupos	42,18207	18	2,343449			
9	20,66	21,27							
10	21,77	24,80	Total	42,56572	19				
F calculado < F crítico									
Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental									
Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%									
<b>R M/1M3 = 1,01</b>									

Tabela B.115 – Análise nº 115 – Moldagens – Cura ao ar x Cura tanque externo (fck 20).

Comparativo tipo de cura (corpos de prova)								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 01 - fck 20								
Cura ao ar x Cura em tanque ambiente								
n	M2	M3	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	19,41	23,66	M2	10	209,2476	20,92476	1,688984	
2	21,35	22,21	M3	10	219,7791	21,97791	3,24715	
3	21,31	21,92						
4	21,59	21,39						
5	21,51	21,84	ANOVA					
6	18,46	22,36	<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	19,62	22,48	Entre grupos	5,545697	1	5,545697	2,24698	4,413873
8	21,61	17,85	Dentro dos grupos	44,42521	18	2,468067		
9	21,80	21,27						
10	22,60	24,80	Total	49,9709	19			
F calculado < F crítico								
Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental								
Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R M2/M3 = 0,95</b>								

Tabela B.116 – Análise nº 116 – Moldagens – Cura tanque normalizado x Cura ao ar (fck 30).

Comparativo tipo de cura (corpos de prova)								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 02 - fck 30								
Cura em tanque normalizado x Cura ao ar								
n	M1	M2	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	32,99	30,67	M1	10	309,4668	30,94668	3,973119	
2	29,07	29,43	M2	10	300,6682	30,06682	4,00638	
3	29,35	31,23						
4	33,55	29,29						
5	31,09	31,99	ANOVA					
6	28,97	31,00	<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	27,94	29,98	Entre grupos	3,870783	1	3,870783	0,970182	4,413873
8	32,79	25,08	Dentro dos grupos	71,81548	18	3,989749		
9	31,27	32,04						
10	32,46	29,96	Total	75,68627	19			
F calculado < F crítico								
Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental								
Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R M1/M2 = 1,03</b>								

Tabela B.117 – Análise nº 117 – Moldagens – Cura tanque normalizado x Cura tanque externo (fck 30).

Comparativo tipo de cura (corpos de prova)								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 02 - fck 30								
Cura em tanque normalizado x Cura em tanque ambiente								
n	M1	M3	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	32,99	30,36	M1	10	309,4668	30,94668	3,973119	
2	29,07	31,57	M3	10	308,637	30,8637	3,657885	
3	29,35	32,04						
4	33,55	30,95						
5	31,09	32,37	ANOVA					
6	28,97	32,91	<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i> <i>F crítico</i>	
7	27,94	29,90	Entre grupos	0,034426	1	0,034426	0,009023 4,413873	
8	32,79	26,76	Dentro dos grupos	68,67903	18	3,815502		
9	31,27	29,09						
10	32,46	32,70	Total	68,71346	19			
F calculado < F crítico								
Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental								
Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R M/1M3 = 1,00</b>								

Tabela B.118 – Análise nº 118 – Moldagens – Cura ao ar x Cura tanque externo (fck 30).

Comparativo tipo de cura (corpos de prova)								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 02 - fck 30								
Cura ao ar x Cura em tanque ambiente								
n	M2	M3	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	30,67	30,36	M2	10	300,6682	30,06682	4,00638	
2	29,43	31,57	M3	10	308,637	30,8637	3,657885	
3	31,23	32,04						
4	29,29	30,95						
5	31,99	32,37	ANOVA					
6	31,00	32,91	<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i> <i>F crítico</i>	
7	29,98	29,90	Entre grupos	3,175124	1	3,175124	0,828553 4,413873	
8	25,08	26,76	Dentro dos grupos	68,97838	18	3,832132		
9	32,04	29,09						
10	29,96	32,70	Total	72,15351	19			
F calculado < F crítico								
Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental								
Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R M2/M3 = 0,97</b>								

Tabela B.119 – Análise nº 119 – Moldagens – Cura tanque normalizado x Cura ao ar (fck 40).

Comparativo tipo de cura (corpos de prova)								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 03 - fck 40								
Cura em tanque normalizado x Cura ao ar								
n	M1	M2	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	44,49	38,48	M1	8	334,5598	41,81997	6,529059	
2	39,65	42,82	M2	8	321,4235	40,17794	18,50258	
3	39,59	36,35						
4	42,13	35,22						
5	44,39	41,92	ANOVA					
6	39,50	48,74	<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	39,57	39,67	Entre grupos	10,78515	1	10,78515	0,861722	4,60011
8	45,25	38,22	Dentro dos grupos	175,2214	14	12,51582		
			Total	186,0066	15			
			F calculado < F crítico					
			Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental					
			Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%					
			<b>R M1/M2 = 1,04</b>					

Tabela B.120 – Análise nº 120 – Moldagens – Cura tanque normalizado x Cura tanque externo (fck 40).

Comparativo tipo de cura (corpos de prova)								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 03 - fck 40								
Cura em tanque normalizado x Cura em tanque ambiente								
n	M1	M3	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	44,49	40,23	M1	8	334,5598	41,81997	6,529059	
2	39,65	37,85	M3	8	326,9165	40,86456	8,710855	
3	39,59	43,73						
4	42,13	42,46						
5	44,39	42,14	ANOVA					
6	39,50	43,70	<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	39,57	35,32	Entre grupos	3,651243	1	3,651243	0,479168	4,60011
8	45,25	41,48	Dentro dos grupos	106,6794	14	7,619957		
			Total	110,3306	15			
			F calculado < F crítico					
			Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental					
			Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%					
			<b>R M/1M3 = 1,02</b>					

Tabela B.121 – Análise nº 121 – Moldagens – Cura ao ar x Cura tanque externo (fck 40).

Comparativo tipo de cura (corpos de prova)								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 03 - fck 40								
Cura ao ar x Cura em tanque ambiente								
n	M2	M3	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	38,48	40,23	M2	8	321,4235	40,17794	18,50258	
2	42,82	37,85	M3	8	326,9165	40,86456	8,710855	
3	36,35	43,73	ANOVA					
4	35,22	42,46						
5	41,92	42,14						
6	48,74	43,70						
			Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico
7	39,67	35,32	Entre grupos	1,885824	1	1,885824	0,138595	4,60011
8	38,22	41,48	Dentro dos grupos	190,494	14	13,60672		
			Total	192,3798	15			
F calculado < F crítico								
Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental								
Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R M2/M3 = 0,98</b>								

Tabela B.122 – Análise nº 122 – Moldagens – Cura tanque normatizado x Cura ao ar (fck 45).

Comparativo tipo de cura (corpos de prova)								
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 04 - fck 45								
Cura em tanque normatizado x Cura ao ar								
n	M1	M2	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	
1	43,23	40,12	M1	10	443,7433	44,37433	7,072208	
2	44,96	43,05	M2	10	418,5276	41,85276	3,176397	
3	40,57	43,47	ANOVA					
4	43,40	44,06						
5	48,82	41,68						
6	46,90	39,67						
			Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico
7	47,50	39,27	Entre grupos	31,79174	1	31,79174	6,204111	4,413873
8	43,06	40,89	Dentro dos grupos	92,23744	18	5,124302		
9	43,87	42,50	Total					
10	41,43	43,81						
			Total	124,0292	19			
F calculado > F crítico								
Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental								
São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%								
<b>R M1/M2 = 1,06</b>								

Tabela B.123 – Análise nº 123 – Moldagens – Cura tanque normatizado x Cura tanque externo (fck 45).

Comparativo tipo de cura (corpos de prova)									
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 04 - fck 45									
Cura em tanque normatizado x Cura em tanque ambiente									
n	M1	M3	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância		
1	43,23	45,17	M1	10	443,7433	44,37433	7,072208		
2	44,96	49,17	M3	9	422,5628	46,95142	5,724672		
3	40,57	48,46	ANOVA						
4	43,40	49,08							
5	48,82	42,23							
6	46,90	48,52		<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	47,50	44,72		Entre grupos	31,45917	1	31,45917	4,886426	4,451322
8	43,06	48,01	Dentro dos grupos	109,4472	17	6,438073			
9	43,87	47,19							
10	41,43		Total	140,9064	18				
F calculado > F crítico									
Conclusão: Rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese experimental									
São significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%									
<b>R M/1M3 = 0,95</b>									

Tabela B.124 – Análise nº 124 – Moldagens – Cura ao ar x Cura tanque externo (fck 45).

Comparativo tipo de cura (corpos de prova)									
ANOVA FATOR ÚNICO - Lote 04 - fck 45									
Cura ao ar x Cura em tanque ambiente									
n	M2	M3	Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância		
1	40,12	45,17	M2	10	418,5276	41,85276	3,176397		
2	43,05	49,17	M3	9	422,5628	46,95142	5,724672		
3	43,47	48,46	ANOVA						
4	44,06	49,08							
5	41,68	42,23							
6	39,67	48,52		<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
7	39,27	44,72		Entre grupos	123,1407	1	123,1407	28,14269	4,451322
8	40,89	48,01	Dentro dos grupos	74,38495	17	4,375585			
9	42,50	47,19							
10	43,81		Total	197,5257	18				
F calculado < F crítico									
Conclusão: Aceita-se a hipótese nula e rejeita-se a hipótese experimental									
Não são significantes as diferenças entre as médias em um intervalo de confiança de 95%									
<b>R M2/M3 = 0,89</b>									

**APÊNDICE C – RESULTADOS INDIVIDUAIS DOS CORPOS DE PROVA  
MOLDADOS E TESTEMUNHOS EXTRAÍDOS.**

Tabela C.1 – Resultados individuais dos corpos de prova e testemunhos.

Evento	Tipo	Tensão (MPa)	Massa específica aparente
1	M1 (cura normatizada)	21,6	2376
1	M1 (cura normatizada)	23,5	2375
1	M1 (cura normatizada)	21,1	2392
1	M1 (cura normatizada)	24,7	2367
1	M1 (cura normatizada)	21,6	2417
1	M1 (cura normatizada)	22,6	2364
1	M1 (cura normatizada)	22,7	2369
1	M1 (cura normatizada)	22,3	2361
1	M1 (cura normatizada)	20,7	2374
1	M1 (cura normatizada)	21,8	2379
1	M2 (Cura ao ar)	19,4	2349
1	M2 (Cura ao ar)	21,3	2353
1	M2 (Cura ao ar)	21,3	2335
1	M2 (Cura ao ar)	21,6	2388
1	M2 (Cura ao ar)	21,5	2389
1	M2 (Cura ao ar)	18,5	2375
1	M2 (Cura ao ar)	19,6	2289
1	M2 (Cura ao ar)	21,6	2359
1	M2 (Cura ao ar)	21,8	2349
1	M2 (Cura ao ar)	22,6	2364
1	M3 (Cura tanque externo)	23,7	2359
1	M3 (Cura tanque externo)	22,2	2344
1	M3 (Cura tanque externo)	21,9	2364
1	M3 (Cura tanque externo)	21,4	2353
1	M3 (Cura tanque externo)	21,8	2353
1	M3 (Cura tanque externo)	22,4	2364
1	M3 (Cura tanque externo)	22,5	2358
1	M3 (Cura tanque externo)	17,8	2355
1	M3 (Cura tanque externo)	21,3	2381
1	M3 (Cura tanque externo)	24,8	2358
1	100A	19,8	2372
1	100A	20,5	2342
1	100A	20,6	2317
1	100A	20,5	2328
1	100A	20,2	2376
1	100A	21,1	2334
1	100A	20,1	2352
1	100A	20,7	2348
1	100A	18,4	2360
1	100A	21,7	2364

Evento	Tipo	Tensão (MPa)	Massa específica aparente
1	100B	15,0	2343
1	100B	18,3	2354
1	100B	21,6	2356
1	100B	19,4	2342
1	100B	15,9	2333
1	75A	20,7	2297
1	75A	19,7	2338
1	75A	18,7	2371
1	75A	19,0	2322
1	75A	24,4	2357
1	75A	20,7	2336
1	75A	21,9	2374
1	75A	20,3	2374
1	75A	21,1	2363
1	75A	18,9	2308
1	75B	16,4	2338
1	75B	16,5	2322
1	75B	17,1	2319
1	75B	15,7	2327
1	50A	23,8	2335
1	50A	19,0	2387
1	50A	20,5	2322
1	50A	18,1	2335
1	50A	20,9	2341
1	50A	17,7	2341
1	50A	22,9	2302
1	50A	21,9	2368
1	50A	22,8	2315
1	50B	21,6	2315
1	50B	14,1	2322
1	50B	13,8	2322
1	50B	20,8	2309
1	50B	24,4	2381
1	50B	22,2	2309
1	50B	18,0	2296
1	25A	27,5	2406
1	25A	32,6	2433
1	25A	29,0	2420
1	25A	29,9	2378
1	25A	25,8	2530

Evento	Tipo	Tensão (MPa)	Massa específica aparente
1	25A	37,5	2482
1	25A	25,8	2420
1	25A	32,9	2461
1	25A	25,6	2378
1	25A	31,9	2420
1	25A	35,0	2433
1	25B	27,1	2372
1	25B	26,1	2413
1	25B	26,8	2406
1	25B	23,7	2365
1	25B	21,3	2323
1	25B	25,6	2399
1	25B	27,1	2351
2	M1 (cura normalizada)	33,0	2389
2	M1 (cura normalizada)	29,1	2356
2	M1 (cura normalizada)	29,4	2392
2	M1 (cura normalizada)	33,5	2339
2	M1 (cura normalizada)	31,1	2337
2	M1 (cura normalizada)	29,0	2391
2	M1 (cura normalizada)	27,9	2393
2	M1 (cura normalizada)	32,8	2366
2	M1 (cura normalizada)	31,3	2333
2	M1 (cura normalizada)	32,5	2347
2	M2 (Cura ao ar)	32,0	2395
2	M2 (Cura ao ar)	32,0	2344
2	M2 (Cura ao ar)	31,2	2323
2	M2 (Cura ao ar)	31,0	2357
2	M2 (Cura ao ar)	30,7	2335
2	M2 (Cura ao ar)	30,0	2317
2	M2 (Cura ao ar)	30,0	2322
2	M2 (Cura ao ar)	29,4	2334
2	M2 (Cura ao ar)	29,3	2329
2	M3 (Cura tanque externo)	30,4	2370
2	M3 (Cura tanque externo)	31,6	2323
2	M3 (Cura tanque externo)	32,0	2316
2	M3 (Cura tanque externo)	31,0	2341
2	M3 (Cura tanque externo)	32,4	2353
2	M3 (Cura tanque externo)	32,9	2302
2	M3 (Cura tanque externo)	29,9	2377
2	M3 (Cura tanque externo)	26,8	2317
2	M3 (Cura tanque externo)	29,1	2352
2	M3 (Cura tanque externo)	32,7	2317

Evento	Tipo	Tensão (MPa)	Massa específica aparente
2	100A	24,7	2411
2	100A	32,3	2429
2	100A	26,6	2393
2	100A	28,5	2397
2	100A	24,0	2389
2	100A	28,6	2388
2	100A	24,4	2384
2	100A	29,6	2364
2	100A	31,7	2368
2	100A	29,5	2416
2	100B	28,9	2384
2	100B	27,3	2376
2	100B	26,2	2412
2	100B	26,1	2372
2	75A	26,8	2344
2	75A	23,9	2394
2	75A	29,0	2335
2	75A	26,0	2399
2	75A	29,5	2430
2	75A	29,5	2350
2	75A	32,0	2421
2	75A	26,0	2507
2	75A	33,5	2410
2	75A	33,6	2446
2	75B	33,4	2372
2	75B	28,4	2353
2	75B	31,9	2377
2	75B	29,1	2382
2	75B	28,0	2369
2	50A	38,1	2288
2	50A	38,4	2387
2	50A	29,7	2341
2	50A	37,9	2387
2	50A	32,2	2355
2	50A	35,1	2394
2	50A	34,5	2394
2	50A	36,7	2348
2	50A	38,9	2400
2	50A	37,1	2374
2	50A	40,3	2407
2	50A	32,0	2355
2	50A	33,9	2387

Evento	Tipo	Tensão (MPa)	Massa específica aparente
2	50A	36,1	2420
2	50A	33,4	2407
2	50A	30,5	2368
2	50A	24,4	2341
2	50A	28,9	2355
2	50A	32,4	2387
2	50B	29,0	2348
2	50B	31,5	2374
2	50B	30,4	2374
2	50B	35,1	2368
2	50B	32,1	2368
2	50B	30,4	2387
2	50B	36,0	2355
2	50B	31,8	2322
2	25A	32,6	2370
2	25A	35,0	2434
2	25A	42,8	2370
2	25A	36,8	2370
2	25A	39,9	2306
2	25A	44,6	2306
2	25A	33,9	2242
2	25A	38,7	2370
2	25A	33,5	2434
2	25A	29,1	2370
2	25A	35,7	2434
2	25B	29,1	2306
2	25B	39,4	2242
2	25B	38,4	2242
2	25B	30,1	2178
2	25B	39,7	2306
2	25B	32,6	2370
2	25B	41,0	2370
2	25B	36,1	2370
2	25B	33,4	2370
3	M1 (cura normatizada)	44,5	2370
3	M1 (cura normatizada)	39,7	2375
3	M1 (cura normatizada)	39,6	2389
3	M1 (cura normatizada)	42,1	2364
3	M1 (cura normatizada)	44,4	2416
3	M1 (cura normatizada)	39,5	2372
3	M1 (cura normatizada)	39,6	2369
3	M1 (cura normatizada)	45,2	2361

Evento	Tipo	Tensão (MPa)	Massa específica aparente
3	M2 (Cura ao ar)	38,5	2342
3	M2 (Cura ao ar)	42,8	2350
3	M2 (Cura ao ar)	36,3	2333
3	M2 (Cura ao ar)	35,2	2387
3	M2 (Cura ao ar)	41,9	2388
3	M2 (Cura ao ar)	48,7	2336
3	M2 (Cura ao ar)	39,7	2383
3	M2 (Cura ao ar)	38,2	2353
3	M3 (Cura tanque externo)	40,2	2353
3	M3 (Cura tanque externo)	37,9	2331
3	M3 (Cura tanque externo)	43,7	2356
3	M3 (Cura tanque externo)	42,5	2352
3	M3 (Cura tanque externo)	42,1	2347
3	M3 (Cura tanque externo)	43,7	2363
3	M3 (Cura tanque externo)	35,3	2357
3	M3 (Cura tanque externo)	41,5	2355
3	100A	38,5	2452
3	100A	37,3	2413
3	100A	34,3	2427
3	100A	51,1	2335
3	100A	51,2	2370
3	100A	35,4	2411
3	100A	36,3	2440
3	100A	37,1	2339
3	100A	49,6	2329
3	100B	30,0	2407
3	100B	33,0	2406
3	100B	33,1	2414
3	100B	43,9	2400
3	100B	30,4	2389
3	100B	42,2	2424
3	75A	36,3	2394
3	75A	51,0	2314
3	75A	41,8	2377
3	75A	42,6	2394
3	75A	51,5	2349
3	75A	38,0	2380
3	75A	32,0	2386
3	75A	45,0	2394
3	75A	34,6	2372
3	75A	38,8	2404
3	75B	43,6	2333

Evento	Tipo	Tensão (MPa)	Massa específica aparente
3	75B	28,6	2349
3	75B	39,8	2375
3	75B	32,8	2357
3	75B	37,1	2375
3	50A	40,3	2420
3	50A	38,9	2394
3	50A	39,1	2400
3	50A	40,0	2387
3	50A	40,3	2374
3	50A	42,6	2420
3	50B	39,3	2427
3	50B	36,1	2413
3	50B	48,1	2381
3	50B	42,8	2407
3	25A	55,7	2498
3	25A	52,1	2370
3	25A	47,4	2434
3	25A	52,9	2370
3	25A	46,6	2562
3	25A	48,7	2498
3	25A	48,8	2498
3	25A	49,3	2434
3	25A	47,7	2562
3	25A	54,5	2498
3	25A	52,4	2498
3	25B	53,7	2434
3	25B	51,5	2434
3	25B	51,3	2498
3	25B	50,9	2498
3	25B	50,1	2434
3	25B	49,5	2434
3	25B	49,2	2434
4	M1 (cura normatizada)	43,2	2381
4	M1 (cura normatizada)	45,0	2377
4	M1 (cura normatizada)	40,6	2373
4	M1 (cura normatizada)	43,4	2367
4	M1 (cura normatizada)	48,8	2374
4	M1 (cura normatizada)	46,9	2376
4	M1 (cura normatizada)	47,5	2427
4	M1 (cura normatizada)	43,1	2377
4	M1 (cura normatizada)	43,9	2378
4	M1 (cura normatizada)	41,4	2388

Evento	Tipo	Tensão (MPa)	Massa específica aparente
4	M2 (Cura ao ar)	40,1	2404
4	M2 (Cura ao ar)	43,1	2361
4	M2 (Cura ao ar)	43,5	2337
4	M2 (Cura ao ar)	44,1	2388
4	M2 (Cura ao ar)	41,7	2342
4	M2 (Cura ao ar)	39,7	2359
4	M2 (Cura ao ar)	39,3	2357
4	M2 (Cura ao ar)	40,9	2354
4	M2 (Cura ao ar)	42,5	2352
4	M2 (Cura ao ar)	43,8	2348
4	M3 (Cura tanque externo)	45,2	2413
4	M3 (Cura tanque externo)	49,2	2380
4	M3 (Cura tanque externo)	48,5	2416
4	M3 (Cura tanque externo)	49,1	2370
4	M3 (Cura tanque externo)	42,2	2363
4	M3 (Cura tanque externo)	48,5	2366
4	M3 (Cura tanque externo)	44,7	2359
4	M3 (Cura tanque externo)	48,0	2359
4	M3 (Cura tanque externo)	47,2	2420
4	100A	42,5	2470
4	100A	46,4	2485
4	100A	45,2	2470
4	100A	38,8	2465
4	100A	45,4	2502
4	100A	45,5	2427
4	100A	43,5	2460
4	100B	50,2	2467
4	100B	51,1	2467
4	100B	43,6	2456
4	100B	48,1	2472
4	75A	39,8	2379
4	75A	41,5	2319
4	75A	43,9	2331
4	75A	47,5	2319
4	75A	39,5	2377
4	75A	45,3	2353
4	75B	35,5	2385
4	75B	34,8	2385
4	75B	36,2	2386
4	75B	31,1	2382
4	75B	37,1	2379
4	50A	63,1	2348

<b>Evento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Tensão (MPa)</b>	<b>Massa específica aparente</b>
4	50A	58,2	2361
4	50A	62,5	2374
4	50A	65,9	2400
4	50A	61,4	2420
4	50A	62,9	2433
4	50A	63,2	2276
4	50A	64,6	2413
4	50A	59,0	2407
4	50A	65,9	2368
4	50A	60,9	2394
4	50B	53,2	2368
4	50B	49,2	2394
4	50B	61,4	2368
4	50B	59,9	2394
4	50B	65,9	2407
4	50B	65,3	2381
4	25A	57,5	2370
4	25A	67,4	2434
4	25A	66,4	2370
4	25A	63,8	2370
4	25A	54,4	2434
4	25A	65,9	2434
4	25A	62,0	2434
4	25A	65,5	2434
4	25A	63,8	2306
4	25B	63,8	2434
4	25B	58,5	2498
4	25B	64,6	2370
4	25B	69,0	2370
4	25B	51,5	2370
4	25B	57,0	2370
4	25B	57,5	2370
4	25B	67,2	2434

## APÊNDICE D – ENSAIOS DE DUREZA SUPERFICIAL - ESCLEROMETRIA

Tabela D.1 – Esclerometrias Lote 01 – fck 20.

Ensaio complementar - Esclerometria								
Evento 01 - fck 20								
Bloco	1 (extrações paralelas ao lançamento)				2 (extrações ortogonais ao lançamento)			
Posição	90°	90°	0°	0°	90°	90°	0°	0°
1	26	27	30	28	23	31	27	29
2	22	25	30	28	25	28	29	30
3	26	22	37	35	28	30	31	25
4	21	21	27	25	32	30	35	25
5	22	24	28	26	28	33	26	29
6	24	27	29	27	26	25	21	24
7	34	35	31	29	38	30	29	27
8	26	22	43	40	28	24	29	30
9	21	24	25	23	30	24	28	27
10	32	31	28	27	26	30	25	25
11	24	26	27	24	30	29	25	26
12	23	22	34	32	31	22	27	30
13	22	28	25	25	28	28	26	29
14	28	30	26	25	34	25	25	25
15	24	25	35	32	28	25	28	21
16	23	20	25	23	29	31	29	30
Soma I	398	409	480	449	464	445	440	432
Média I	24,9	25,6	30,0	28,1	29,0	27,8	27,5	27,0
Soma II	196	206	230	165	260	205	353	267
Média II	24,5	25,8	28,8	27,5	28,9	29,3	27,2	26,7
Correção Aparelho	26,1	27,5	30,7	29,3	30,8	31,2	29,0	28,5
Resistência estimada	<b>9,8</b>	<b>11,3</b>	<b>21,1</b>	<b>19,3</b>	<b>15,4</b>	<b>15,9</b>	<b>18,8</b>	<b>18,2</b>

Tabela D.2 – Esclerometrias Lote 02 – fck 30.

Ensaio complementar - Esclerometria								
Evento 02 - fck 30								
Bloco	1 (extrações paralelas ao lançamento)				2 (extrações ortogonais ao lançamento)			
Posição	90°	90°	0°	0°	90°	90°	0°	0°
1	28	25	35	30	25	29	38	35
2	25	26	31	35	30	25	36	33
3	25	26	36	31	25	35	36	36
4	25	30	37	29	32	25	31	35
5	25	25	35	22	28	30	29	39
6	24	27	35	35	32	25	36	42
7	25	29	35	29	31	25	37	31
8	25	26	31	26	35	35	35	29
9	25	25	36	35	35	25	28	36
10	26	25	38	37	26	26	22	35
11	27	30	35	35	22	29	36	28
12	30	25	31	36	29	22	31	40
13	20	26	29	37	27	25	32	36
14	25	25	30	39	26	32	36	37
15	27	29	38	36	22	32	35	32
16	22	25	29	36	27	30	31	31
Soma I	404	424	541	528	452	450	529	555
Média I	25,3	26,5	33,8	33,0	28,3	28,1	33,1	34,7
Soma II	304	364	377	309	224	144	375	315
Média II	25,3	26,0	34,3	34,3	28,0	28,8	34,1	35,0
Correção Aparelho	27,0	27,7	36,6	36,6	29,9	30,7	36,4	37,3
Resistência estimada	<b>10,8</b>	<b>11,7</b>	<b>29,2</b>	<b>29,3</b>	<b>14,2</b>	<b>15,3</b>	<b>28,9</b>	<b>30,3</b>

Tabela D.3 – Esclerometrias Lote 03 – fck 40.

Ensaio complementar - Esclerometria								
Evento 03 - fck 40								
Bloco	1 (extrações paralelas ao lançamento)				2 (extrações ortogonais ao lançamento)			
Posição	90°	90°	0°	0°	90°	90°	0°	0°
1	35	36	41	31	27	28	42	28
2	34	34	38	39	33	33	43	42
3	28	35	37	38	26	34	40	28
4	32	28	42	38	26	25	44	43
5	36	31	43	42	32	30	34	42
6	38	29	41	45	28	36	45	42
7	31	28	45	40	32	32	43	38
8	33	32	42	38	34	34	48	37
9	36	32	45	41	29	36	39	48
10	34	34	35	30	25	36	34	46
11	37	32	41	46	31	32	33	44
12	32	32	42	47	31	33	42	45
13	36	30	43	41	23	38	41	39
14	44	36	39	48	29	32	39	44
15	40	32	39	45	28	40	40	42
16	26	30	38	44	26	33	32	43
Soma I	552	511	651	653	460	532	639	651
Média I	34,5	31,9	40,7	40,8	28,8	33,3	39,9	40,7
Soma II	345	383	526	361	281	401	369	456
Média II	34,5	31,9	40,5	40,1	28,1	33,4	41,0	41,5
Correção Aparelho	36,8	34,0	43,2	42,8	30,0	35,6	43,7	44,2
Resistência estimada	<b>23,3</b>	<b>19,5</b>	<b>39,1</b>	<b>38,5</b>	<b>14,4</b>	<b>21,7</b>	<b>40,0</b>	<b>40,8</b>

Tabela D.4 – Esclerometrias Lote 04 – fck 45.

Ensaio complementar - Esclerometria								
Evento 04 - fck 45								
Bloco	1 (extrações paralelas ao lançamento)				2 (extrações ortogonais ao lançamento)			
Posição	90°	90°	0°	0°	90°	90°	0°	0°
1	43	34	41	50	45	35	51	46
2	30	34	43	42	43	45	48	48
3	39	36	40	39	38	44	47	47
4	44	39	41	42	38	40	41	30
5	48	43	45	48	43	42	49	44
6	39	42	45	50	37	39	45	45
7	46	44	40	51	44	38	44	47
8	40	46	46	38	38	39	46	44
9	42	36	40	48	38	38	46	40
10	26	35	49	59	37	40	50	46
11	39	40	41	49	38	39	44	42
12	34	39	46	28	41	38	50	50
13	38	40	45	30	39	50	41	54
14	36	42	49	47	37	43	32	46
15	41	38	40	51	41	35	39	51
16	42	30	44	46	39	38	44	36
Soma I	627	618	695	718	636	643	717	716
Média I	39,2	38,6	43,4	44,9	39,8	40,2	44,8	44,8
Soma II	399	387	597	322	547	478	495	455
Média II	39,9	38,7	42,6	46,0	39,1	39,8	45,0	45,5
Correção Aparelho	42,6	41,3	45,5	49,1	41,7	42,5	48,0	48,5
Resistência estimada	<b>31,6</b>	<b>29,7</b>	<b>42,8</b>	<b>48,6</b>	<b>30,2</b>	<b>31,5</b>	<b>46,9</b>	<b>47,7</b>

## APÊNDICE E – RESULTADOS DOS ENSAIOS DE ULTRASSOM

Tabela E.1 – Ensaio de ultrassom Lote 01 – fck 20.

Ensaio complementar - Ultrassom				
Evento 01 - fck 20				
Método	Semi-Direto		Indireto	
Bloco	1 (extrações paralelas ao lançamento)	2 (extrações ortogonais ao lançamento)	1 (extrações paralelas ao lançamento)	2 (extrações ortogonais ao lançamento)
1	4321	4201	4451	4054
2	4395	4165	4461	4043
3	4412	4216	4286	4286
4			4356	4185
5			4021	4175
<b>Média</b>	<b>4376</b>	<b>4194</b>	<b>4315</b>	<b>4149</b>
Conclusão qualidade	Boa	Boa	Boa	Boa

Tabela E.2 – Ensaio de ultrassom Lote 02 – fck 30.

Ensaio complementar - Ultrassom				
Evento 02 - fck 30				
Método	Semi-Direto		Indireto	
Bloco	1 (extrações paralelas ao lançamento)	2 (extrações ortogonais ao lançamento)	1 (extrações paralelas ao lançamento)	2 (extrações ortogonais ao lançamento)
1	4808	4684	4623	4723
2	4773	4587	4725	4827
3	4773	4672	4865	4765
4	4695	4688	4632	4685
5			4826	4812
<b>Média</b>			<b>4762</b>	<b>4658</b>
Conclusão qualidade	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente

Tabela E.3 – Ensaio de ultrassom Lote 03 – fck 40.

Ensaio complementar - Ultrassom				
Evento 03 - fck 40				
Método	Semi-Direto		Indireto	
Bloco	1 (extrações paralelas ao lançamento)	2 (extrações ortogonais ao lançamento)	1 (extrações paralelas ao lançamento)	2 (extrações ortogonais ao lançamento)
1	4765	4872	4835	4965
2	4890	4831	4893	4825
3	4895	4820	4869	4972
4	4892	4798	4749	4837
5			4896	4918
Média	<b>4861</b>	<b>4830</b>	<b>4848</b>	<b>4903</b>
Conclusão qualidade	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente

Tabela E.4 – Ensaio de ultrassom Lote 04 – fck 45.

Ensaio complementar - Ultrassom				
Evento 04 - fck 45				
Método	Semi-Direto		Indireto	
Bloco	1 (extrações paralelas ao lançamento)	2 (extrações ortogonais ao lançamento)	1 (extrações paralelas ao lançamento)	2 (extrações ortogonais ao lançamento)
1	4630	4914	4965	4935
2	4739	4464	5201	5132
3	4879	4574	5003	5128
4	4983	4782	4932	4982
5			5038	4736
Média	<b>4808</b>	<b>4684</b>	<b>5028</b>	<b>4983</b>
Conclusão qualidade	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente

**APÊNDICE F – PROJETOS DOS BLOCOS (LOCALIZAÇÃO DAS  
FURAÇÕES).**

Figura F.1 – Ilustração 3D forma extração paralela

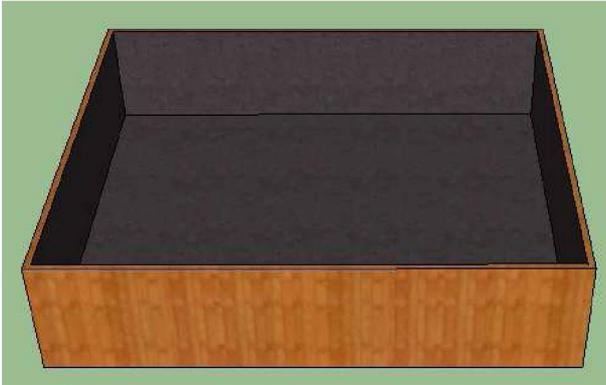


Figura F.2 – Ilustração 3D forma extração ortogonal

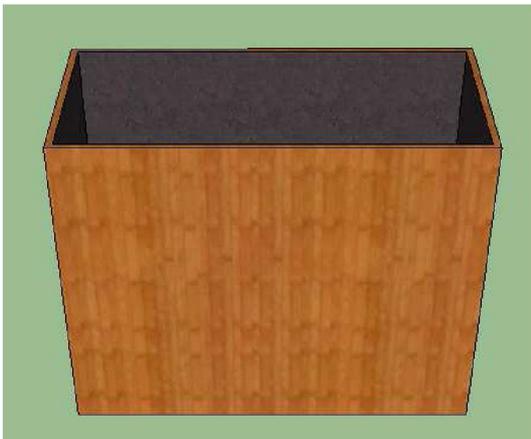


Figura F.3 – Ilustração 3D das furações paralelas (fck 20).

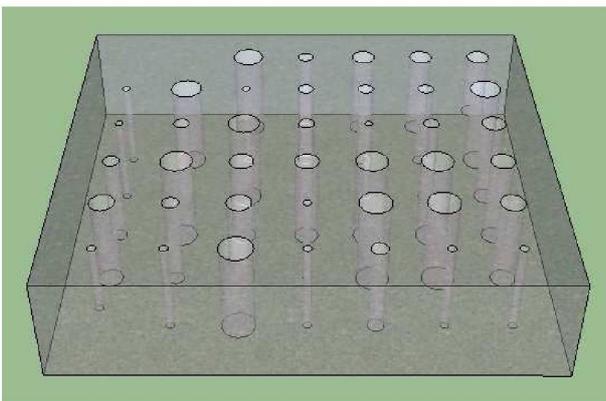


Figura F.4 – Ilustração 3D das furações paralelas (fck 30).

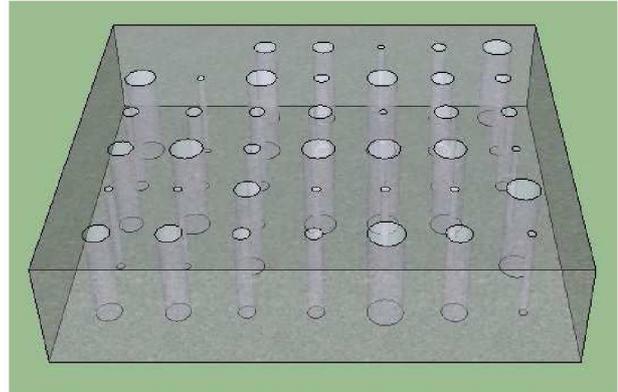


Figura F.5 – Ilustração 3D das furações paralelas (fck 40).

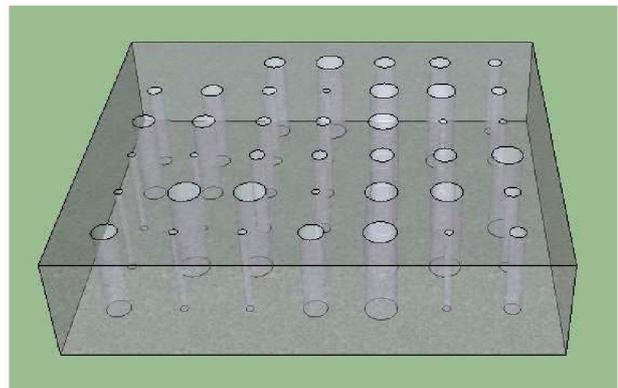


Figura F.6 – Ilustração 3D das furações paralelas (fck 45).

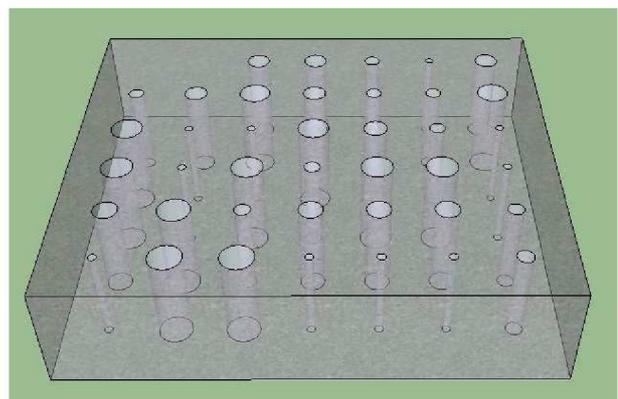


Figura F.7 – Ilustração 3D das furações ortogonais (fck 20).

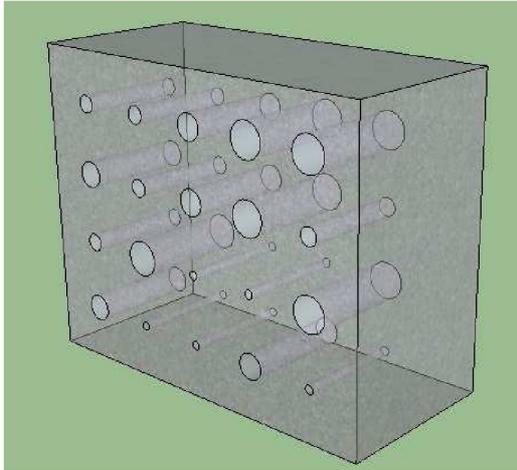


Figura F.10 – Ilustração 3D das furações ortogonais (fck 45).

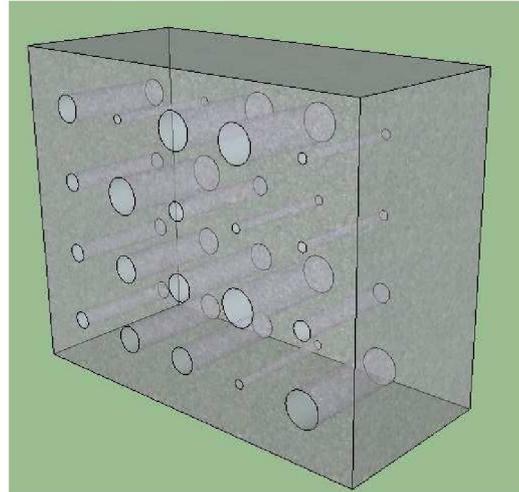


Figura F.8 – Ilustração 3D das furações ortogonais (fck 30).

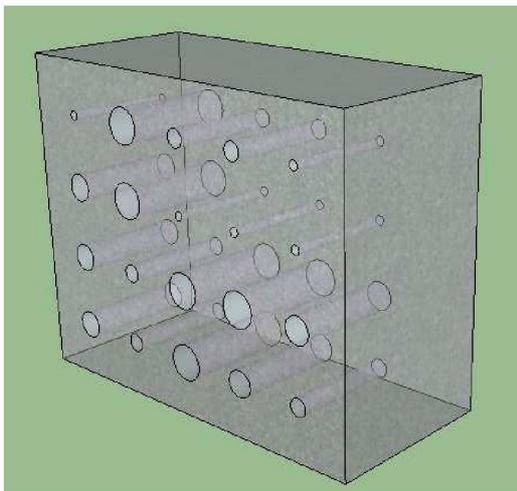


Figura F.9 – Ilustração 3D das furações ortogonais (fck 40).

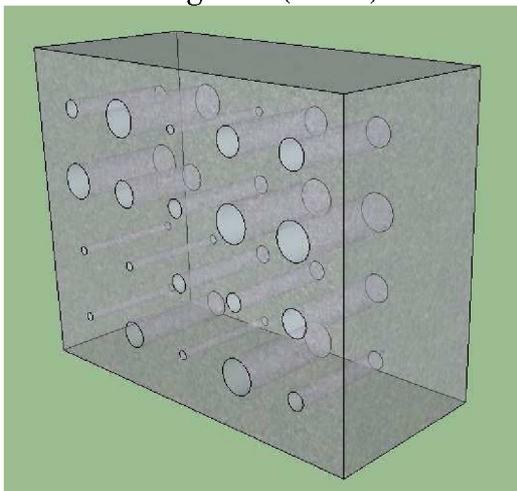


Figura F.11 – Localização das furações no bloco para extrações paralelas (fck 20).

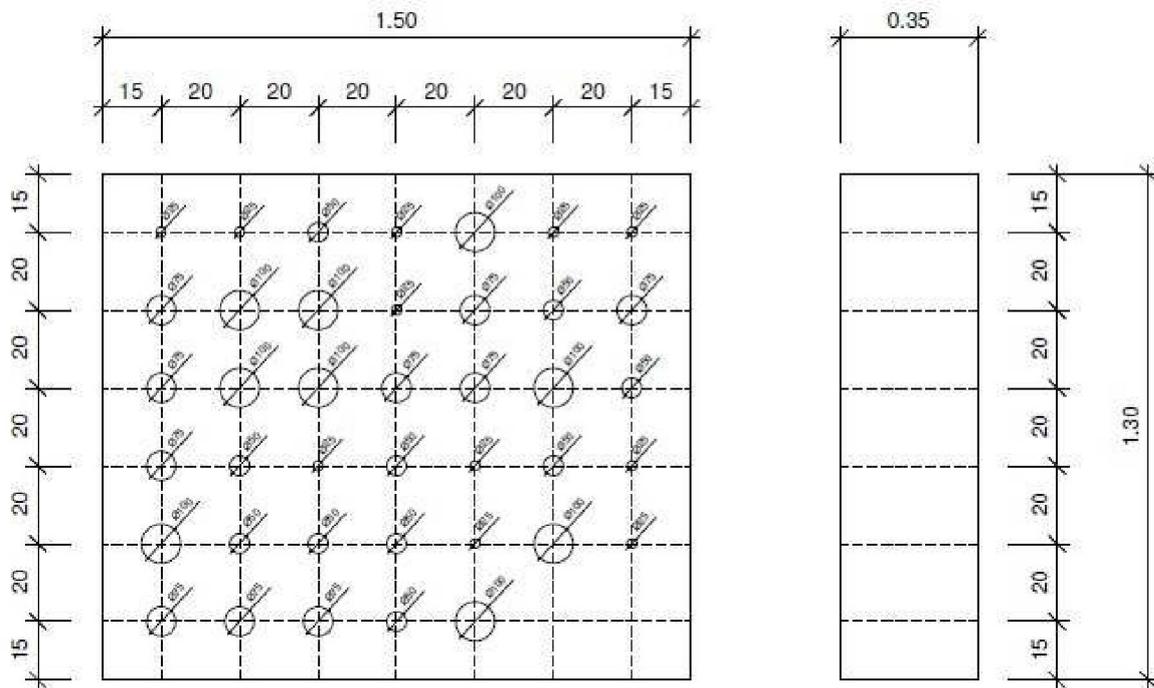


Figura F.12 – Localização das furações no bloco para extrações paralelas (fck 30).

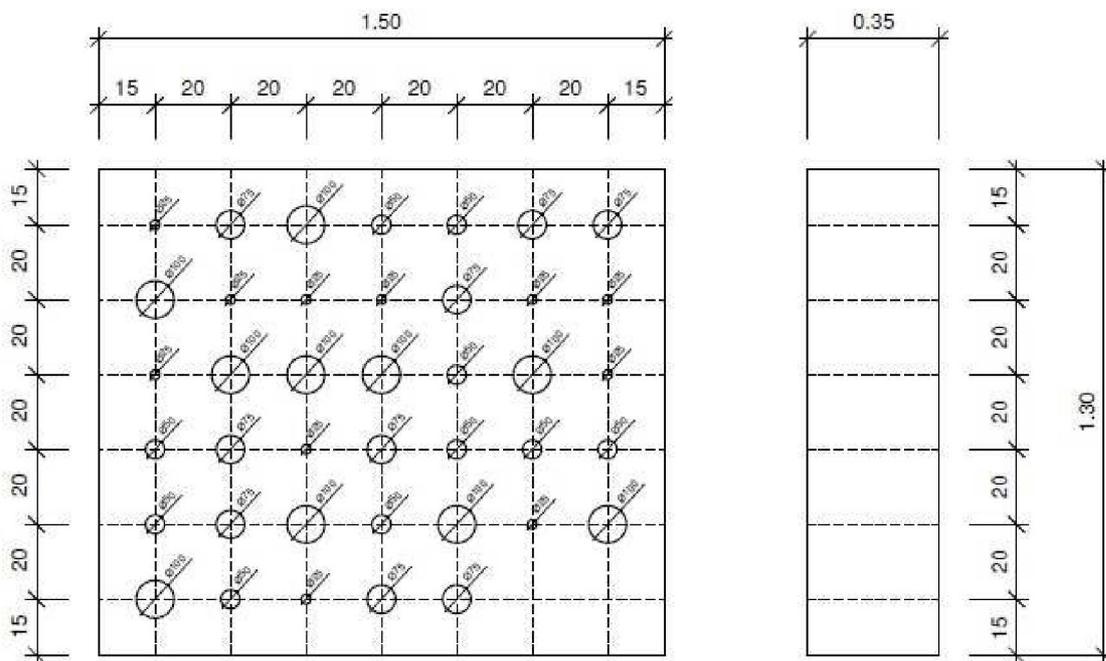


Figura F.13 – Localização das furações no bloco para extrações paralelas (fck 40).

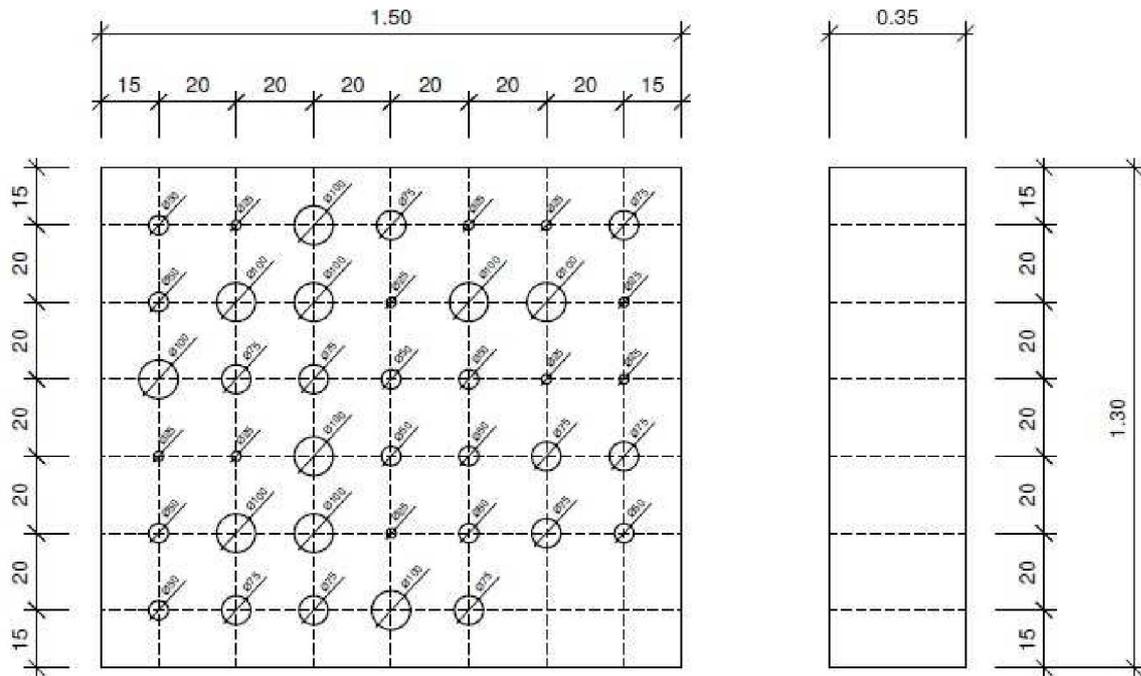


Figura F.14 – Localização das furações no bloco para extrações paralelas (fck 45).

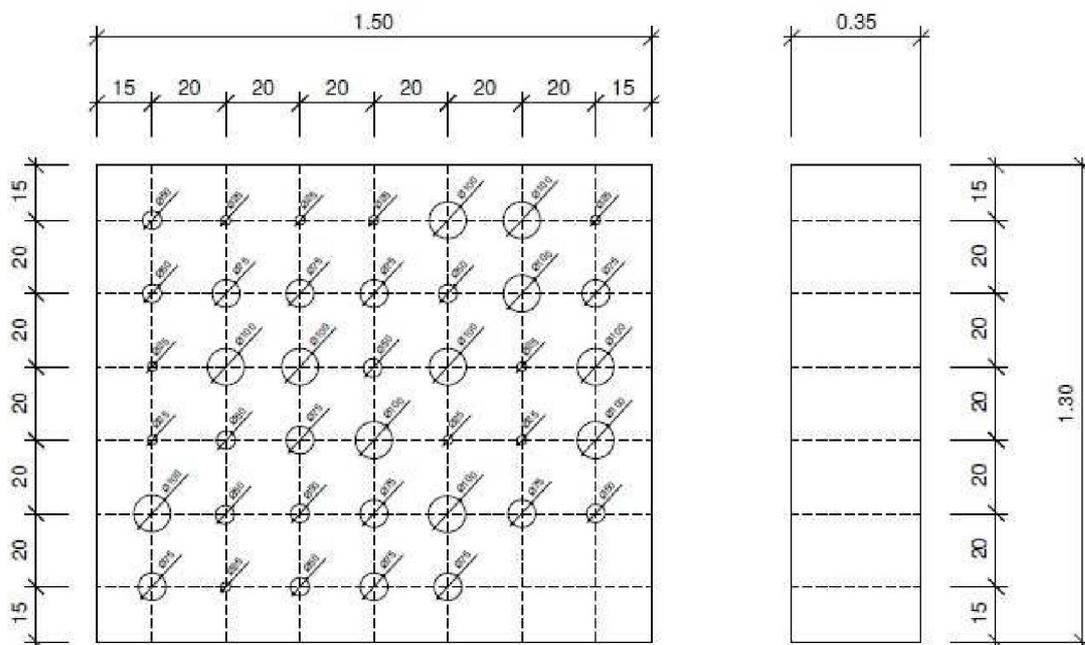


Figura F.15 – Localização das furações no bloco para extrações ortogonais ( $f_{ck} 20$ ).

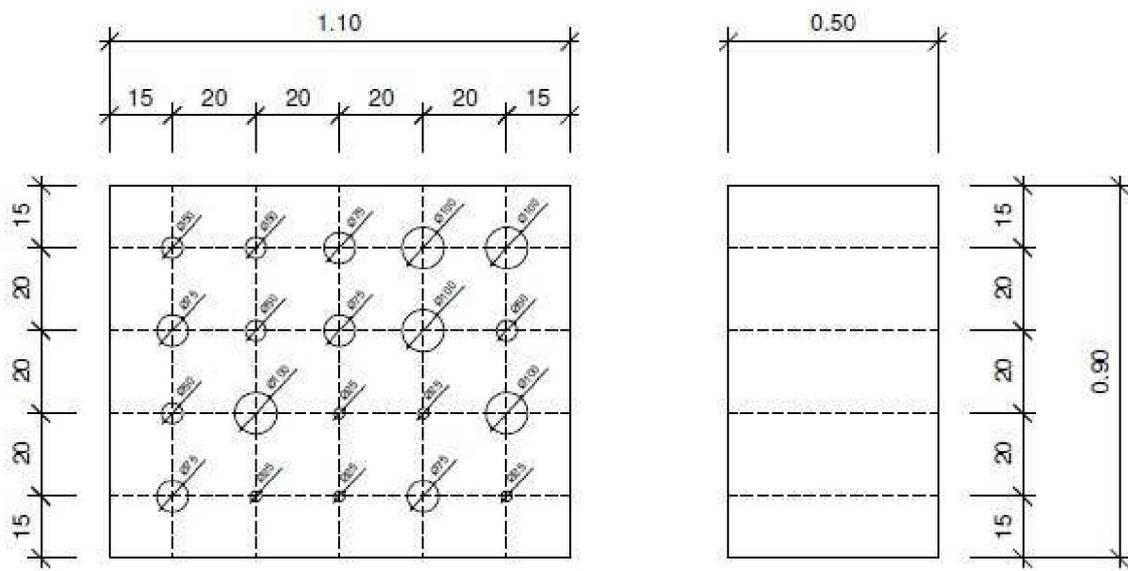


Figura F.16 – Localização das furações no bloco para extrações ortogonais ( $f_{ck} 30$ ).

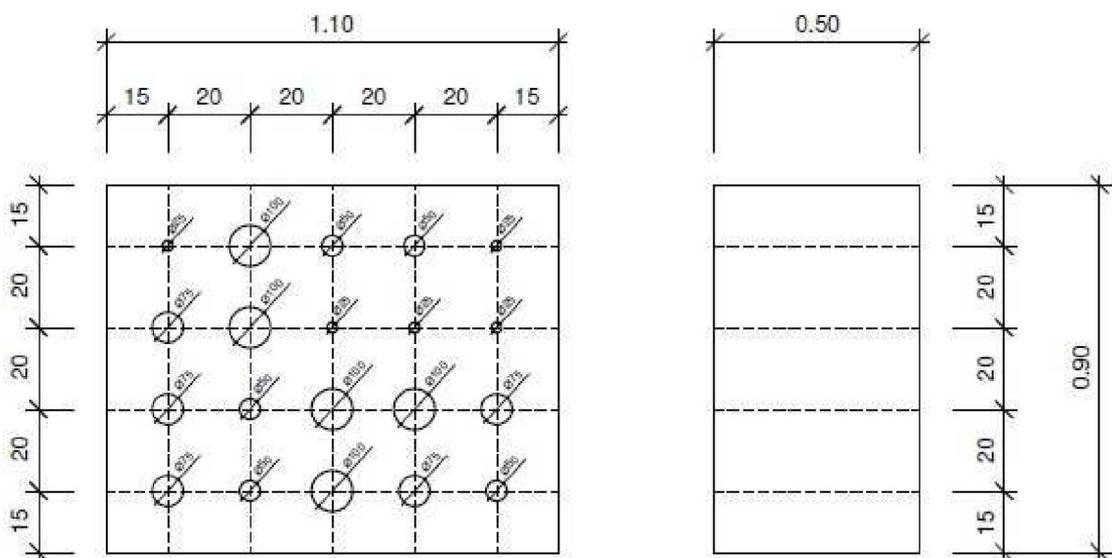


Figura F.17 – Localização das furações no bloco para extrações ortogonais ( $f_{ck}$  40).

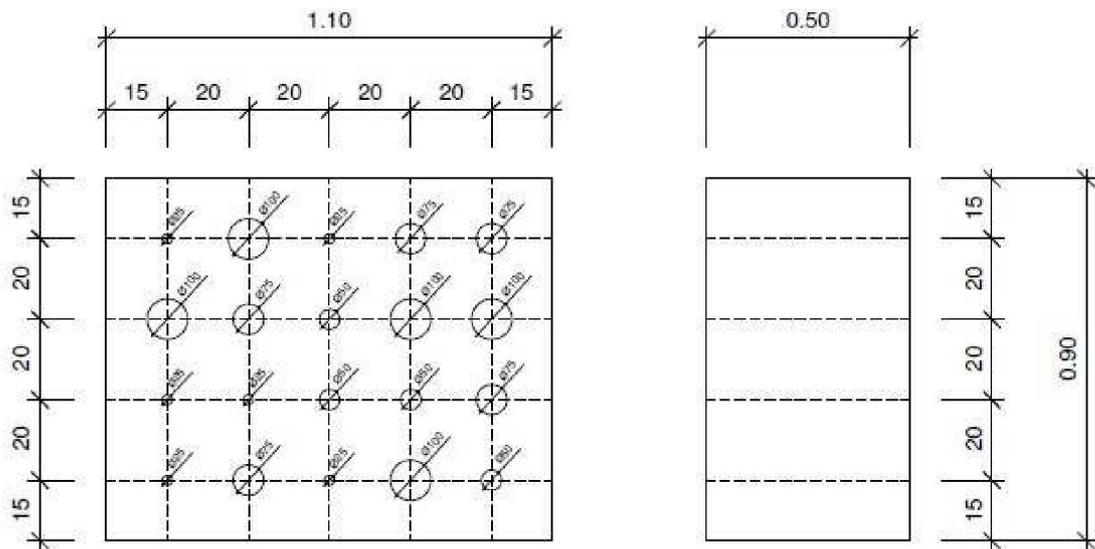
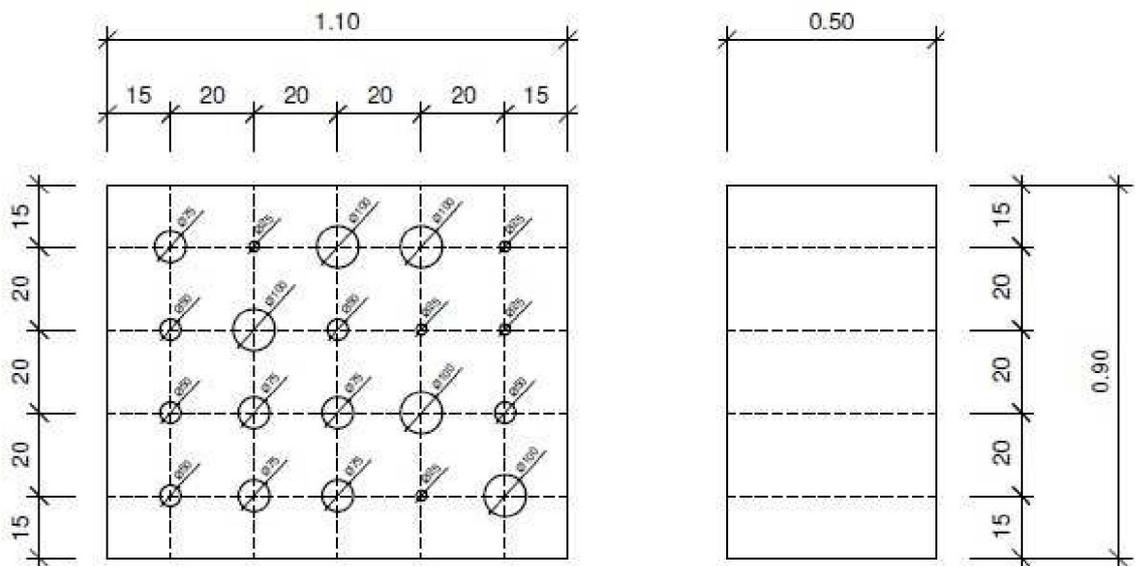


Figura F.18 – Localização das furações no bloco para extrações ortogonais ( $f_{ck}$  45).



## ANEXO A – CERTIFICADOS DE CALIBRAÇÃO E VERIFICAÇÃO.

Figura A.1 – Certificado de calibração da prensa hidráulica.

Quanteq

QUANTEQ

LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO E VERIFICAÇÃO

LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO E VERIFICAÇÃO

**QUANTEQ**

SERVÍCIOS DE ENSAIO LTDA.

**Certificado de Calibração**

Data da calibração: 20/08/15

Data da emissão: 19/10/15

Número: 004/15

Cliente: Bianco Tecnologia de Concreto Ltda

Rua Clóvis Beviláqua, 745

Pinhais - PR

Item calibrado: Máquina Universal de Ensaio Modelo MUE100

Identificação (Fabric): NO 10611 NS 061

Identificação (Cliente): Não Consta

Escala calibrada: 1000 kN em Compressão.

Local da calibração: Laboratório do Contratante

Temperatura: [18 +/-1]°C

Procedimento: Conforme procedimento de calibração PC-01, o padrão foi montado centrado em relação ao eixo de aplicação de força da máquina de ensaios, simulando a sua condição normal de trabalho, sendo os valores referenciados na máquina e lidos no indicador do padrão.



Cláudio Roberto Ferreira

Gerente Técnico

Os resultados apresentados neste documento se aplicam exclusivamente ao equipamento submetido à calibração, nas condições específicas, não sendo extensivo a qualquer outro.

A Quanteq autoriza a reprodução deste certificado desde que qualquer cópia sempre apresente seu conteúdo integral.

Este documento não se destina ao uso do nome ou da marca Quanteq, para quaisquer fins, sob pena de indenização.

No caso de resultados deste documento, a incerteza expandida de medição relatada U e declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência k, o qual para uma distribuição t, com graus de liberdade efetivos (νeff), corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%.

Pág. 1 de 2

Quanteq - CNPJ 08.009.137/0001-19 Inscr.Mun. 30117 - Inscr. Est. 90.634.513-79

Rua Antônio Olinto, 10

São Pedro - 83020-000

São José dos Pinhais - PR

quanteq@quanteq.com.br

www.quanteq.com.br

+55 (41) 3384.3616

+55 (41) 4111-2084

Figura A.2 – Certificado de calibração da prensa hidráulica.



## Certificado de Calibração

Data da calibração: 20/09/15  
 Data da emissão: 18/10/15 Número: 004/15

---

escala nominal: 1000 Resolução Ajustada: 0,1 unidade: kN serviço: Compressão  
 identificação ou transição: Não Const. Classificação conforme NBR NM-ISO 7886: Classe 0,5

Valor Medido na Máquina / Valor real medido no padrão		erro da máquina	erro relativo de ajuste		erro relativo de reprodutibilidade		erro relativo de reprodutibilidade		aplicação relativa	incerteza U	limite de rastreabilidade	tipo de abrangência
kN	kN	kN	%	%	%	%	%	kN	%	ver	%	
200,0	200,0	-0,0	-0,44	0,11	não solicitado	0,05	0,7	0,30	infinito	2,00		
400,0	400,0	-0,0	-0,11	0,08	não solicitado	0,05	0,7	1,00	infinito	2,00		
600,0	601,1	+1,1	0,18	0,30	não solicitado	0,02	0,8	1,10	infinito	2,00		
800,0	800,1	+0,1	0,01	0,08	não solicitado	0,01	0,6	0,85	infinito	2,00		
1000,0	1000,2	0,2	0,02	0,07	não solicitado	0,01	0,7	0,67	infinito	2,00		

erro relativo de peso (%):  $t_p = 0,05$

partes calibradas na calibração						
partes	capacidade	identificação	certificado	norma ISO 9001	calibração	validade
Calha de carga	1000 kN	11507305	141-616-101	1	24/09/15	26/09/17



Pág. 2 de 2

Quanteq - CNPJ 08.009.137/0001-19 Inscr.Mun. 30117 - Inscr. Est. 90.634.513-79

Rua Antonio Quinto, 10  
 São Pedro - 83020-090  
 São José dos Pinhais - PR

quanteq@quanteq.com.br  
[www.quanteq.com.br](http://www.quanteq.com.br)

+55 (41) 3394.3616  
 +55 (41) 4111-2084

Figura A.3 – Certificado de calibração da balança de cimento.

<b>BALANÇAS PINHAIS</b>																																
TRENTIN E OLIVEIRA LTDA - CNPJ 05.487.356/0001-15																																
RUA ARISTIDES DE OLIVEIRA 732 L 2 - ATUBA I - PINHAIS/PR - CEP 83326-160 - FONE (41) 3033-5622																																
LAUDO DE CONFORMIDADE PARA REGULAÇÃO DE BALANÇAS																																
<input checked="" type="checkbox"/> Verificação Inicial		<input checked="" type="checkbox"/> Verificação Final		Nº 14.008																												
Cliente: Cia de Cimento Itambé																																
Endereço: Fortunato Taverna nº 454		Município: Colombo		UF: PR																												
Responsável:		Assinatura do Responsável:																														
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="2">Marca: Toledo.</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Modelo: 9097</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Série: BC 009 Ponto II</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Capacidade: 2.500kg X 2kg</td> </tr> <tr> <td>Indicador/Mecânica</td> <td>Nº Inmetro:</td> </tr> <tr> <td>Indicador/Digital X</td> <td>Nº Laço:</td> </tr> </table>					Marca: Toledo.		Modelo: 9097		Série: BC 009 Ponto II		Capacidade: 2.500kg X 2kg		Indicador/Mecânica	Nº Inmetro:	Indicador/Digital X	Nº Laço:																
Marca: Toledo.																																
Modelo: 9097																																
Série: BC 009 Ponto II																																
Capacidade: 2.500kg X 2kg																																
Indicador/Mecânica	Nº Inmetro:																															
Indicador/Digital X	Nº Laço:																															
<b>TESTE DE LEITURA DE SEÇÃO</b>																																
	Carga	Leitura	Erro	Tolerância																												
Canto A:	NA	NA	NA	NA																												
Canto B:	NA	NA	NA	NA																												
Canto C:	NA	NA	NA	NA																												
Canto D:	NA	NA	NA	NA																												
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">TESTE DE PLATAFORMA</th> </tr> <tr> <th>Carga</th> <th>Leitura</th> <th>Erro</th> <th>Tolerância</th> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>500kg</td> <td>500kg</td> <td>0</td> <td>2kg</td> </tr> <tr> <td>1000kg</td> <td>1002kg</td> <td>2kg</td> <td>2kg</td> </tr> <tr> <td>1500kg</td> <td>1502kg</td> <td>2kg</td> <td>2kg</td> </tr> <tr> <td>2000kg</td> <td>2000kg</td> <td>0</td> <td>2kg</td> </tr> </table>					TESTE DE PLATAFORMA				Carga	Leitura	Erro	Tolerância	0	0	0	0	500kg	500kg	0	2kg	1000kg	1002kg	2kg	2kg	1500kg	1502kg	2kg	2kg	2000kg	2000kg	0	2kg
TESTE DE PLATAFORMA																																
Carga	Leitura	Erro	Tolerância																													
0	0	0	0																													
500kg	500kg	0	2kg																													
1000kg	1002kg	2kg	2kg																													
1500kg	1502kg	2kg	2kg																													
2000kg	2000kg	0	2kg																													
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">INDICADOR</th> </tr> <tr> <td rowspan="2">Prova de Fidelidade</td> <td>1</td> <td>500kg</td> <td>2</td> <td>500kg</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>500kg</td> <td>4</td> <td>500kg</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Sensibilidade</td> <td colspan="2">Carga</td> <td colspan="2">Sobrecarga</td> </tr> <tr> <td>2000kg</td> <td>+2kg</td> <td colspan="2">2002kg</td> </tr> </table>					INDICADOR				Prova de Fidelidade	1	500kg	2	500kg	3	500kg	4	500kg	Sensibilidade	Carga		Sobrecarga		2000kg	+2kg	2002kg							
INDICADOR																																
Prova de Fidelidade	1	500kg	2	500kg																												
	3	500kg	4	500kg																												
Sensibilidade	Carga		Sobrecarga																													
	2000kg	+2kg	2002kg																													
<p style="text-align: center;">TOLERÂNCIA ADMITIDAS DE ACORDO COM A REGULAMENTAÇÃO.</p> <input checked="" type="checkbox"/> PORTARIA Nº 235/94 INMETRO <input type="checkbox"/> MTCI 63/44																																
<p>TRENTIN E OLIVEIRA LTDA está autorizada nos termos das normas para registro e autorização de oficinas aprovadas em 01/15, inscrita no INMETRO/PR sob nº 60000977, para efetuar consertos e manutenção de balanças. O serviço executado foi realizado por técnico habilitado, empregando padrões de verificações submetido a aferição e calibração periódica.</p>																																
<input checked="" type="radio"/> CONFORME <input type="radio"/> NÃO CONFORME																																
<p><b>MASSAS PADRÃO UTILIZADAS: Certificado de Calibração de Peso Padrão</b>          Peso de 20kg Nº 15002089          Peso de 10kg e 50g Nº 15002088</p>																																
DATA: 06/01/2016	TÉCNICO: Marcial B. Oliveira		REGISTRO INMETRO: 60000977																													

Figura A.4 – Certificado de calibração da balança de água.

<b>BALANÇAS PINHAIS</b>																																																													
TRENTIN E OLIVEIRA LTDA - CNPJ 05.487.356/0001-15																																																													
RUA ARISTIDES DE OLIVEIRA 732 L 2 - ATUBA I - PINHAIS/PR - CEP 83326-160 - FONE (41) 3033-5822																																																													
LAUDO DE CONFORMIDADE PARA REGULAGEM DE BALANÇAS																																																													
<input checked="" type="checkbox"/> Verificação Inicial		<input checked="" type="checkbox"/> Verificação Final																																																											
		Nº 14.807																																																											
Cliente: Cia de Cimento Itambé																																																													
Endereço: Fortunato Taverna nº 454		Município: Colombo	UF: PR																																																										
Responsável:		Assinatura do Responsável:																																																											
Marca Toledo Modelo 9097 Série BAG 008 Ponto II Capacidade 2.000kg X 1kg Indicador Mecânica Nº Inmetro: Indicador Digital X Nº Lacre:		<b>TESTE DE LEITURA DE SEÇÃO</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Carga</th> <th>Leitura</th> <th>Emp</th> <th>Tolerância</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Canto A</td> <td>NA</td> <td>NA</td> <td>NA</td> <td>NA</td> </tr> <tr> <td>Canto B</td> <td>NA</td> <td>NA</td> <td>NA</td> <td>NA</td> </tr> <tr> <td>Canto C</td> <td>NA</td> <td>NA</td> <td>NA</td> <td>NA</td> </tr> <tr> <td>Canto D</td> <td>NA</td> <td>NA</td> <td>NA</td> <td>NA</td> </tr> </tbody> </table>			Carga	Leitura	Emp	Tolerância	Canto A	NA	NA	NA	NA	Canto B	NA	NA	NA	NA	Canto C	NA	NA	NA	NA	Canto D	NA	NA	NA	NA																																	
	Carga	Leitura	Emp	Tolerância																																																									
Canto A	NA	NA	NA	NA																																																									
Canto B	NA	NA	NA	NA																																																									
Canto C	NA	NA	NA	NA																																																									
Canto D	NA	NA	NA	NA																																																									
<b>TESTE DE PLATAFORMA</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Carga</th> <th>Leitura</th> <th>Emp</th> <th>Tolerância</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>100kg</td> <td>100kg</td> <td>0</td> <td>1kg</td> </tr> <tr> <td>200kg</td> <td>200kg</td> <td>0</td> <td>1kg</td> </tr> <tr> <td>300kg</td> <td>300kg</td> <td>0</td> <td>1kg</td> </tr> <tr> <td>400kg</td> <td>399kg</td> <td>1kg</td> <td>0,75 1kg</td> </tr> <tr> <td>500kg</td> <td>499kg</td> <td>1kg</td> <td>0,30 1kg</td> </tr> <tr> <td>600kg</td> <td>601kg</td> <td>1kg</td> <td>0,17 1kg</td> </tr> <tr> <td>700kg</td> <td>700kg</td> <td>0</td> <td>2kg</td> </tr> <tr> <td>800kg</td> <td>800kg</td> <td>0</td> <td>2kg</td> </tr> </tbody> </table>		Carga	Leitura	Emp	Tolerância	0	0	0	0	100kg	100kg	0	1kg	200kg	200kg	0	1kg	300kg	300kg	0	1kg	400kg	399kg	1kg	0,75 1kg	500kg	499kg	1kg	0,30 1kg	600kg	601kg	1kg	0,17 1kg	700kg	700kg	0	2kg	800kg	800kg	0	2kg	<b>INDICADOR</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Prova de Fidelidade</th> <th>1</th> <th>100kg</th> <th>2</th> <th>100kg</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>3</td> <td>100kg</td> <td>4</td> <td>100kg</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Sensibilidade</th> <th>Carga</th> <th>Solvençosa</th> <th>Leitura</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>800kg</td> <td>+1kg</td> <td>801kg</td> </tr> </tbody> </table>		Prova de Fidelidade	1	100kg	2	100kg		3	100kg	4	100kg	Sensibilidade	Carga	Solvençosa	Leitura		800kg	+1kg	801kg
Carga	Leitura	Emp	Tolerância																																																										
0	0	0	0																																																										
100kg	100kg	0	1kg																																																										
200kg	200kg	0	1kg																																																										
300kg	300kg	0	1kg																																																										
400kg	399kg	1kg	0,75 1kg																																																										
500kg	499kg	1kg	0,30 1kg																																																										
600kg	601kg	1kg	0,17 1kg																																																										
700kg	700kg	0	2kg																																																										
800kg	800kg	0	2kg																																																										
Prova de Fidelidade	1	100kg	2	100kg																																																									
	3	100kg	4	100kg																																																									
Sensibilidade	Carga	Solvençosa	Leitura																																																										
	800kg	+1kg	801kg																																																										
TOLERÂNCIA ADMITIDAS DE ACORDO COM A REGULAMENTAÇÃO																																																													
<input checked="" type="checkbox"/> PORTARIA Nº 236/94 INMETRO <input type="checkbox"/> MTCI 63/44																																																													
TRENTIN E OLIVEIRA LTDA está autorizada nos termos das normas para registro e autorização de oficinas aprovado em 01/15, inscrita no INMETRO/PR sob nº 60000977, para efetuar consertos e manutenção de balanças. O serviço executado foi realizado por técnico habilitado, empregado padrão de verificações automáticas e aferição e calibração periódica.																																																													
<input checked="" type="radio"/> CONFORME		<input type="radio"/> NÃO CONFORME																																																											
<b>MASSAS PADRÃO UTILIZADAS: Certificado de Calibração de Peso Padrão</b> Pesos de 20kg Nº 15002089. Pesos de 10kg à 50g nº 15002088.																																																													
DATA: 06/01/2016	TÉCNICO: Marcial B. Oliveira	REGISTRO INMETRO: 60000977																																																											

Figura A.5 – Certificado de calibração da balança de agregados.

### BALANÇAS PINHAIS

TRENTIN E OLIVEIRA LTDA - CNPJ 05.487.356/0001-15  
 RUA ARISTIDES DE OLIVEIRA 732 L 2 - ATUBA I - PINHAIS/PR - CEP 63326-160 - FONE (41) 3033-5822

---

**LAUDO DE CONFORMIDADE PARA REGULAGEM DE BALANÇAS**

Verificação Inicial                     
  Verificação Final                     
 Nº 14.804

---

Cliente: Cia de Cimento Itambé

Endereço: Fortunato Taverna nº 454                      Município: Colombo                      UF: PR

Responsável:                      Assinatura do Responsável:

---

Marca: Toledo Modelo: 9097 Série: BA 006 Ponto II Capacidade: 10.000kg X 5kg Indicador/Mecânica:                      Nº Imetro: Indicador Digital: X                      Nº Laço:	<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="5">TESTE DE LEITURA DE SEÇÃO</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Carga</th> <th>Leitura</th> <th>Erro</th> <th>Tolerância</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Canto A</td> <td>NA</td> <td>NA</td> <td>NA</td> <td>NA</td> </tr> <tr> <td>Canto B</td> <td>NA</td> <td>NA</td> <td>NA</td> <td>NA</td> </tr> <tr> <td>Canto C</td> <td>NA</td> <td>NA</td> <td>NA</td> <td>NA</td> </tr> <tr> <td>Canto D</td> <td>NA</td> <td>NA</td> <td>NA</td> <td>NA</td> </tr> </tbody> </table>	TESTE DE LEITURA DE SEÇÃO						Carga	Leitura	Erro	Tolerância	Canto A	NA	NA	NA	NA	Canto B	NA	NA	NA	NA	Canto C	NA	NA	NA	NA	Canto D	NA	NA	NA	NA
TESTE DE LEITURA DE SEÇÃO																															
	Carga	Leitura	Erro	Tolerância																											
Canto A	NA	NA	NA	NA																											
Canto B	NA	NA	NA	NA																											
Canto C	NA	NA	NA	NA																											
Canto D	NA	NA	NA	NA																											

---

TESTE DE PLATAFORMA			
Carga	Leitura	Erro	Tolerância
0	0	0	0
500kg	500g	0	5kg
1000kg	1000g	0	5kg
2000kg	2000g	0	5kg
4000kg	4000g	0	5kg
6000kg	6000g	0	5kg
8000kg	8000g	0	10kg

PORTARIA Nº 238/94 INMETRO  
 MTC 63/94

---

INDICADOR				
Prova de Fidelidade:	1	500kg	2	500kg
	3	500kg	4	500kg
Segurança:	Carga		Subcarga	
	8000kg	+10kg	8010kg	

---

TRENTIN E OLIVEIRA LTDA está autorizada nos termos das normas para registro e autorização de oficinas aprovada em 01/15 inscrita no INMETRO/PR sob nº 60000977, para efetuar concertos e manutenção de balanças. O serviço executado foi realizado por técnico habilitado, empregando padrões de verificações submetido a aferição e calibração periódica.

CONFORME                     
  NÃO CONFORME

---

MASSAS PADRÃO UTILIZADAS: Certificado de Calibração de Peso Padrão  
 Pesos de 20kg Nº 15002085,  
 Peso de 10kg à 50g Nº 15002085.

DATA: 06/01/2016                      Técnico: Marcial B. Oliveira                      REGISTRO INMETRO: 60000977

Figura A.6 – Certificado de calibração da balança de agregados.

<b>BALANÇAS PINHAIS</b>																																				
TRENTIN E OLIVEIRA LTDA - CNPJ 05.487.356/0001-15																																				
RUA ARISTIDES DE OLIVEIRA 732 L 2 - ATUBA I - PINHAIS/PR - CEP 83326-160 - FONE (41) 3033-5822																																				
LAUDO DE CONFORMIDADE PARA REGULAGEM DE BALANÇAS																																				
<input checked="" type="checkbox"/> Verificação Inicial		<input type="checkbox"/> Verificação Final		Nº 14.805																																
Cliente: Cia de Cimento Itambé																																				
Endereço: Fortunato Taverna nº 454		Município: Colombo		UF: PR																																
Responsável:		Assinatura do Responsável:																																		
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="2">Marca: Toledo</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Modelo: 9097</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Série: BAD 008 Ponto II</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Capacidade: 40.00kg X 0,02kg</td> </tr> <tr> <td>Indicador/Mecânica</td> <td>Nº Imetro:</td> </tr> <tr> <td>Indicador/Digital      X</td> <td>Nº Lacre:</td> </tr> </table>					Marca: Toledo		Modelo: 9097		Série: BAD 008 Ponto II		Capacidade: 40.00kg X 0,02kg		Indicador/Mecânica	Nº Imetro:	Indicador/Digital      X	Nº Lacre:																				
Marca: Toledo																																				
Modelo: 9097																																				
Série: BAD 008 Ponto II																																				
Capacidade: 40.00kg X 0,02kg																																				
Indicador/Mecânica	Nº Imetro:																																			
Indicador/Digital      X	Nº Lacre:																																			
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th colspan="5">TESTE DE LETURA DE SEÇÃO</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Carga</th> <th>Leitura</th> <th>Erro</th> <th>Tolerância</th> </tr> <tr> <td>Canto A</td> <td>NA</td> <td>NA</td> <td>NA</td> <td>NA</td> </tr> <tr> <td>Canto B</td> <td>NA</td> <td>NA</td> <td>NA</td> <td>NA</td> </tr> <tr> <td>Canto C</td> <td>NA</td> <td>NA</td> <td>NA</td> <td>NA</td> </tr> <tr> <td>Canto D</td> <td>NA</td> <td>NA</td> <td>NA</td> <td>NA</td> </tr> </table>					TESTE DE LETURA DE SEÇÃO						Carga	Leitura	Erro	Tolerância	Canto A	NA	NA	NA	NA	Canto B	NA	NA	NA	NA	Canto C	NA	NA	NA	NA	Canto D	NA	NA	NA	NA		
TESTE DE LETURA DE SEÇÃO																																				
	Carga	Leitura	Erro	Tolerância																																
Canto A	NA	NA	NA	NA																																
Canto B	NA	NA	NA	NA																																
Canto C	NA	NA	NA	NA																																
Canto D	NA	NA	NA	NA																																
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th colspan="4">TESTE DE PLATAFORMA</th> </tr> <tr> <th>Carga</th> <th>Leitura</th> <th>Erro</th> <th>Tolerância</th> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>5kg</td> <td>5,00kg</td> <td>0</td> <td>0,02kg</td> </tr> <tr> <td>10kg</td> <td>10,02kg</td> <td>0,02kg</td> <td>0,02kg</td> </tr> <tr> <td>15kg</td> <td>15,02kg</td> <td>0,02kg</td> <td>0,02kg</td> </tr> <tr> <td>20kg</td> <td>20,00kg</td> <td>0</td> <td>0,04kg</td> </tr> <tr> <td>30kg</td> <td>30,00kg</td> <td>0</td> <td>0,04kg</td> </tr> </table>					TESTE DE PLATAFORMA				Carga	Leitura	Erro	Tolerância	0	0	0	0	5kg	5,00kg	0	0,02kg	10kg	10,02kg	0,02kg	0,02kg	15kg	15,02kg	0,02kg	0,02kg	20kg	20,00kg	0	0,04kg	30kg	30,00kg	0	0,04kg
TESTE DE PLATAFORMA																																				
Carga	Leitura	Erro	Tolerância																																	
0	0	0	0																																	
5kg	5,00kg	0	0,02kg																																	
10kg	10,02kg	0,02kg	0,02kg																																	
15kg	15,02kg	0,02kg	0,02kg																																	
20kg	20,00kg	0	0,04kg																																	
30kg	30,00kg	0	0,04kg																																	
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th colspan="4">INDICADOR</th> </tr> <tr> <td rowspan="2">Prova de Fidelidade</td> <td>1</td> <td>5,00kg</td> <td>2</td> <td>5,00kg</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>5,00kg</td> <td>4</td> <td>5,00kg</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Sensibilidade</td> <td colspan="2">Carga</td> <td colspan="2">Substrato</td> </tr> <tr> <td colspan="2">30kg</td> <td colspan="2">+100g</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="3">Leitura</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="3">30,10kg</td> </tr> </table>					INDICADOR				Prova de Fidelidade	1	5,00kg	2	5,00kg	3	5,00kg	4	5,00kg	Sensibilidade	Carga		Substrato		30kg		+100g				Leitura					30,10kg		
INDICADOR																																				
Prova de Fidelidade	1	5,00kg	2	5,00kg																																
	3	5,00kg	4	5,00kg																																
Sensibilidade	Carga		Substrato																																	
	30kg		+100g																																	
		Leitura																																		
		30,10kg																																		
<p style="text-align: center;">TOLERÂNCIA ADMITIDAS DE ACORDO COM A REGULAMENTAÇÃO</p> <input checked="" type="checkbox"/> PORTARIA Nº 238/94 INMETRO <input type="checkbox"/> MTCI 6344																																				
<p>TRENTIN E OLIVEIRA LTDA está autorizada nos termos das normas para registro e autorização de oficinas aprovado em 01/15, inscrita no INMETRO/PR sob nº 60006877, para efetuar consertos e manutenção de balanças. O serviço executado foi realizado por técnico habilitado, empregando padrões de verificações submetido à aferição e calibração periódica.</p>																																				
<input checked="" type="radio"/> CONFORME <input type="radio"/> NÃO CONFORME																																				
<p>MASSAS PADRÃO UTILIZADAS: Certificado de Calibração de Peso Padrão  Pesos de 50g à 10kg Nº 15002088.  Pesos de 20kg Nº 15002089.</p>																																				
DATA: 06/01/2018	TÉCNICO: Marcial B. Oliveira		REGISTRO INMETRO: 60000977																																	

Figura A.7 – Certificado de verificação da água utilizada no concreto.

LimnoBras Laboratórios		LimnoBras Laboratórios de Análises Limnológicas Ltda.		ISO 9001	
Rua Lapaçuha Lda, 544 - 80230-080 - 4111 3333-2331 - 8098 8291 Fone: Rua Brigodante Franco, 4336 - 80338-100 - 4111 3333-2321 Curitiba - Paraná					
<b>RELATÓRIO DE ENSAIOS LABORATORIAIS</b>			<b>Nº.: 14206/15 - 00</b>		
<b>CLIENTE</b>					
Cliente: CIA DE CIMENTO ITAMBE Nome Fantasia: Concrebras - Colombo Endereço: Rua Fortunato Taverna 454 - Colombo - PR - C.E.P.: 83413-640			Proposta: 01289 /15		
<b>DADOS DA AMOSTRA</b>					
Data e Hora da Amostragem: 17/11/2015 13:00 Ponto de Amostragem: Decantador Responsável pela Amostragem: Cliente Responsável pelo Transporte: Cliente Data de Fabricação: N.I.* Embalagem: frasco plástico			Data e Hora do Recebimento: 17/11/2015 14:20 Tipo de Amostragem: Simples Tipo de Amostra: Água Reciclada Procedimento de Amostragem: -- Validade: N.I.* Lote: N.I.*		
<b>DADOS DA(S) ANÁLISE(S)</b>					
Data de Início: 17/11/2015			Data do Término: 26/11/2015		
Objetivo: Análises laboratoriais em amostra de Água - Sem comparativo com legislação vigente.					
<b>RESULTADOS</b>					
<b>Análises Físico-Químicas</b>					
Parâmetro	Método	LQ(*)	Resultado	VMP(**)	Expressão
Cloroeta	SM 4500-Cl- B	5,0	5,0	-	mg/L
Ferro Total	MERCK 14761	0,005	0,29	-	mg/L
pH	SM 4500-H+ B	0,01	12,23	-	-
Sólidos Totais	SM 2540 B	1,0	1.375,0	-	mg/L
Sulfato	SM 4500-SO4-2 E	100,0	397,0	-	mg/L
<b>NOTAS:</b>					
(*)L.Q.: Limite de Quantificação do Método Analítico Utilizado / (**)V.M.P.: Valor Máximo Permitido / N.I.: Dado(s) não informado(s) pelo Solicitante					
<b>METODOLOGIA(S) UTILIZADA(S)</b>					
Método (Food & Environmental Analysis) APHA, AWWA, WEF, Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 22 ed. 2012.					
Curitiba, 27 de Novembro de 2015					
			 Abner Weigert Tcg* Químico Ambiental CRQ 09201768 PR		
Os resultados obtidos têm seu valor restrito à amostra analisada. Reproduções deste Documento só têm validade se forem integrais. Este Documento é emitido em uma via original, respondendo a LimnoBras apenas pela veracidade desta via. A amostra analisada ficará disponível por 07 (sete) dias a partir da data de emissão deste relatório (exceto) metodologias de águas e peróxidos). Caso seja necessário um maior período de tempo de armazenamento ou devolução de amostra, contatar o laboratório em prazo inferior ao estabelecido.					

**ANEXO B – TEMPERATURAS MÁXIMAS, MÍNIMAS E UMIDADE  
RELATIVA DO AR.**

Tabela B.1 – Temperaturas máximas, mínimas e umidade relativa do ar na cidade de Curitiba/PR.

Tempraturas máximas, mínimas e UR%									
	2015			2016					
	Dezembro			Janeiro			Fevereiro		
	T. máx	T. mín	UR%	T. máx	T. mín	UR%	T. máx	T. mín	UR%
1	19,7	13,4	91	28,1	20,5	84	28,1	19,8	84
2	24,4	16,4	90	23,0	18,8	91	23,0	20,1	91
3	25,0	17,4	88	22,8	17,2	88	22,8	19,0	88
4	25,0	17,8	85	23,9	17,3	81	23,9	18,1	81
5	27,8	17,9	73	25,0	17,5	84	25,0	19,6	84
6	23,6	17,6	96	27,2	17,8	81	27,2	18,1	81
7	25,2	15,4	85	29,7	19,3	82	29,7	20,4	82
8	26,0	16,7	83	29,9	19,7	79	29,9	19,6	79
9	28,6	18,0	74	26,8	18,8	86	26,8	21,4	86
10	24,9	19,8	81	24,3	19,6	95	24,3	20,8	95
11	30,2	16,9	77	27,6	20,5	85	27,6	18,8	85
12	24,7	20,3	86	27,0	20,1	87	27,0	17,6	87
13	31,0	17,1	69	31,8	19,0	75	31,8	16,4	75
14	31,5	20,0	63	26,7	18,3	74	26,7	20,2	74
15	29,1	21,4	74	27,9	17,8	78			
16	23,1	17,5	81	25,9	17,2	77			
17	29,7	16,4	74	25,8	16,0	72			
18	30,1	19,5	72	26,2	14,8	70			
19	28,6	19,9	83	26,8	16,2	72			
20	20,4	19,1	92	26,2	15,4	68			
21	24,5	17,4	89	26,1	15,3	74			
22	29,8	19,2	81	21,3	15,7	92			
23	30,4	20,4	72	30,0	12,7	67			
24	30,0	20,8	74	30,7	14,0	70			
25	30,9	21,4	83	30,9	17,7	72			
26	27,5	20,5	92	30,9	18,2	68			
27	29,2	20,0	82	21,9	19,6	92			
28	25,8	19,8	85	27,1	17,7	86			
29	25,2	20,0	92	29,0	19,3	80			
30	27,2	20,4	79	26,0	20,2	83			
31	29,1	21,3	76	30,0	19,8	72			
<b>Média</b>	<b>27,0</b>	<b>18,7</b>	<b>81,3</b>	<b>27,0</b>	<b>17,8</b>	<b>79,4</b>	<b>26,7</b>	<b>19,3</b>	<b>83,8</b>